

Aus dem Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung
Universität Hohenheim
Fachgebiet: Verhaltensphysiologie landwirtschaftlicher Nutztiere
PD Dr. Ulrike Weiler

**Physiologische und genetische Einflüsse auf die Qualität von Schweinefleisch aus
baden-württembergischen Gebrauchskreuzungen**

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Agrarwissenschaften

vorgelegt
der Fakultät Agrarwissenschaften

von
Anna Fecke
aus Stuttgart

Hohenheim 2012

Die vorliegende Arbeit wurde am 07. September 2012 von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften“ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Oktober 2012

1. Prodekan: Prof. Dr. Markus Rodehutscord

Berichterstattein 1. Prüferin: PD Dr. Ulrike Weiler

Mitberichterstattein 2. Prüfer: Prof. Dr. Wolfgang Branscheid

Weiterer 3. Prüfer: Prof. Dr. Jörn Bennewitz

Meinen Eltern

und

Nele

I. INHALTSVERZEICHNIS

I.	INHALTSVERZEICHNIS	I
II.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
III.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	X
IV.	TABELLENVERZEICHNIS	XII
1.	EINLEITUNG	1
2.	LITERATUR	2
2.1	Bestimmungsgrößen der Qualität von Schweinefleisch aus Sicht der Fleischproduktion und -verarbeitung	2
2.1.1	Der Begriff Qualität	2
2.1.2	Physiologische Grundlagen der Fleischqualität: vom Muskel zum Fleisch	3
2.1.2.1	Bau des Muskels und biochemische Abläufe im Muskel	3
2.1.2.2	Muskelfasern: Zusammensetzung, Größe und Zahl	5
2.1.3	Wasserbindungsvermögen	7
2.1.4	Fleischfarbe	8
2.1.5	Fettgehalt	10
2.1.6	Kollagengehalt	11
2.2	Qualitätskriterien aus Sicht des Verbrauchers: Bestimmung des Genusswertes	12
2.2.1	Zartheit	12
2.2.2	Saftigkeit	13
2.2.3	Aroma und Aromastoffe	14
2.3	Kriterien zur Beurteilung der Fleischreifung und des Wasserbindungsvermögens im Rahmen der praktischen Qualitätskontrolle	15
2.3.1	pH-Wert	15
2.3.2	Leitfähigkeit	16
2.3.3	Tropfsaftverlust	16
2.3.4	Mängel in der Fleischqualität	17
2.4	Kriterien zur Beurteilung der Fleischqualität aus Sicht der Verbraucher	18

2.4.1	Scherkraft.....	18
2.4.2	Intramuskulärer Fettgehalt.....	20
2.4.3	Sensorische Tests.....	22
2.5	Einflüsse auf die Fleischqualität.....	22
2.5.1	Einflüsse des Genotyps auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	22
2.5.1.1	Einflüsse des Genotyps auf die Bemuskelung	22
2.5.1.2	Einflüsse des Genotyps auf die Muskelfaserzahl und Muskelfaserzusammensetzung	23
2.5.1.3	Einflüsse des Genotyps auf die Fettbildung	24
2.5.2	Physiologische Einflüsse auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	24
2.5.2.1	Einflüsse der Wurfgröße und des Geburtsgewichts auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität.....	24
2.5.2.2	Einfluss des Alters der Tiere auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	25
2.5.2.3	Einfluss des Geschlechts auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	25
2.5.2.4	Einflüsse vor der Schlachtung auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	25
2.5.2.5	Einflüsse der Haltungssysteme und der Bewegungsmöglichkeiten auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität	26
3.	ZIELSETZUNG.....	28
4.	MATERIAL UND METHODEN.....	29
4.1	Charakterisierung der Fruchtbarkeitsparameter der Sauenlinien und Erstellung der Versuchstierpopulation	29
4.1.1	Verwendete Genotypen zur Erstellung der Versuchstierpopulation	29
4.1.1.1	Einteilung nach MHS-Status des Vaters	31
4.1.2	Haltung und Fütterung.....	32
4.1.2.1	Sauenhaltung	32
4.1.2.2	Haltung in der Mast	32
4.1.2.3	Fütterung in der Mast	32
4.1.3	Datenerfassung	33
4.1.3.1	Fruchtbarkeitsparameter.....	33

4.1.3.2	Säuge- und Aufzuchtsparemeter	33
4.1.3.3	Mastparemeter	34
4.2	Transport, Schlachtung und Behandlung der Schlachtkörper	34
4.2.1	Transport und Schlachtung	34
4.2.1.1	Transport und Schlachtung im Teilversuch 1 (Schlachthof Ulm)	34
4.2.1.2	Transport und Schlachtung im Teilversuch 2 (Schlachthof Forchheim)	35
4.2.2	Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung	35
4.2.2.1	Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung im Teilversuch 1	35
4.2.2.2	Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung im Teilversuch 2	36
4.2.3	Bestimmung des Muskelfleischanteils	36
4.2.3.1	Bestimmung des Muskelfleischanteils im Teilversuch 1	36
4.2.3.2	Bestimmung des Muskelfleischanteils im Teilversuch 2	36
4.3	Zerlegung der Schlachtkörper	36
4.3.1	Zerlegung und Verpackung im Teilversuch 1	36
4.3.2	Detailanalyse im Teilversuch 2	37
4.4	Bestimmung der physikalisch-chemischen Kriterien der Fleischqualität	38
4.4.1	pH-Wert-Bestimmung	38
4.4.1.1	Bestimmung des pH-Werts im Teilversuch 1	38
4.4.1.2	Bestimmung des pH-Werts im Teilversuch 2	38
4.4.2	Bestimmung der Leitfähigkeit	39
4.4.2.1	Leitfähigkeitsmessungen im Teilversuch 1	39
4.4.2.2	Leitfähigkeitsmessungen im Teilversuch 2	39
4.4.2.3	Grenzwerte zur Identifikation von Fleischfehlern	39
4.4.3	Fleischqualitätsmessung in der SB-Schale im Teilversuch 1	40
4.4.4	Erfassung des Wasserbindungsvermögens	40
4.4.4.1	Erfassung des Tropfsaftverlusts nach Lagerung in SB-Schale im Teilversuch 1	40
4.4.4.2	Bag-Methode im Teilversuch 2	40
4.4.5	Bestimmung der Scherkraft im Teilversuch 1	41
4.4.6	Bestimmung der Fleischhelligkeit (Opto-Star)	41
4.4.6.1	Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 1 (Opto-Star)	41
4.4.6.2	Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 2 (Opto-Star)	41
4.4.7	Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes	41

4.4.7.1	Messung des intramuskulären Fettgehaltes im Teilversuch 1	41
4.4.7.2	Messung des intramuskulären Fettgehaltes im Teilversuch 2	42
4.5	Probeentnahme für histologische und histochemische Untersuchungen	42
4.5.1	Probeentnahme	42
4.5.2	Verarbeitung der histologischen Proben	43
4.5.2.1	Bestimmung der Muskelfasertypen	43
4.5.2.2	Nachweis der Adipozytenfläche im M. spinalis	44
4.6	Sensorische Tests im Teilversuch 1	45
4.6.1	Prüferauswahl	45
4.6.2	Ablauf der sensorischen Tests	45
4.7	Statistische Auswertung	46
5.	ERGEBNISSE	48
5.1	Übersicht über Leistungsmerkmale und Einfluss des Genotyps	48
5.1.1	Fruchtbarkeitleistung	48
5.1.1.1	Vergleich der Fruchtbarkeitsleistung von Jung- und Altsauen	49
5.1.1.2	Einfluss des Genotyps auf Wurfgröße und Wurfcharakteristika	52
5.1.1.3	Geburtsgewichte der weiter untersuchten Ferkel	54
5.1.1.4	Einfluss des Genotyps auf die Zahl der abgesetzten Ferkel und die Saugferkelverluste	56
5.1.2	Beziehung zwischen den Parametern der Fruchtbarkeit	58
5.1.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Fruchtbarkeitsparameter	58
5.1.4	Wachstumsparameter	59
5.1.4.1	Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen und Absetzgewichte	59
5.1.4.1.1	Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Säugezeit	59
5.1.4.1.2	Einfluss des Genotyps auf die Absetzgewichte	61
5.1.4.1.3	Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Aufzucht	62
5.1.4.1.4	Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Mast	64
5.1.4.1.5	Einfluss des Genotyps auf die Lebendtagzunahmen	66
5.1.5	Beziehung zwischen den Parametern des Wachstums	68

5.1.6	Zusammenfassung der Analyse der Wachstumsparameter	69
5.1.7	Schlachtleistung im Teilversuch 1	70
5.1.8	Beziehungen zwischen den Schlachtleistungs- und Wachstumsparametern im Teilversuch 1	72
5.1.9	Schlachtleistung im Teilversuch 2	72
5.1.10	Beziehungen zwischen den Schlachtleistungs- und Wachstumsparametern im Teilversuch 2	75
5.1.11	Einfluss des Genotyps auf die Ergebnisse der Detailanalyse im Teilversuch 2	75
5.1.12	Beziehungen zwischen den Schlachtleistungsmerkmalen im Teilversuch 2	77
5.1.13	Zusammenfassung der Ergebnisse der Schlachtleistung in beiden Teilversuchen	77
5.2	Physikalisch-chemische Kriterien der Fleischqualität und Einflüsse des Genotyps auf die analysierten Kriterien	78
5.2.1	Einfluss des MHS-Status des Ebers	78
5.2.2	Ergebnisse der pH-Wert-Messung	80
5.2.2.1	pH-Wert-Messung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 1	80
5.2.2.1.1	Beziehungen zwischen den pH-Werten im Teilversuch 1	81
5.2.2.1.2	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die pH-Wert-Messung im Teilversuch 1	81
5.2.2.2	pH-Wert-Messung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 2	82
5.2.2.2.1	Beziehungen zwischen den pH-Werten im Teilversuch 2	83
5.2.2.2.2	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die pH-Wert-Messung im Teilversuch 2	84
5.2.3	Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung	85
5.2.3.1	Leitfähigkeitsmessung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 1	85
5.2.3.1.1	Beziehungen zwischen den Leitfähigkeitswerten	87
5.2.3.1.2	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Leitfähigkeitsmessung	87
5.2.3.2	Leitfähigkeitsmessung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 2	88
5.2.3.2.1	Beziehungen zwischen den Leitfähigkeitswerten	89
5.2.3.2.2	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Leitfähigkeitsmessung	89
5.2.4	Vergleich von in PSE-Verdacht eingestuften Schlachtkörpern hinsichtlich der Fleischqualität mit normal eingestuften Schlachtkörpern	90

5.2.5	Charakterisierung des Wasserbindungsvermögens und Einflüsse auf die erfassten Kriterien.....	95
5.2.5.1	Ergebnisse der Tropfsaftbestimmung im Teilversuch 1.....	95
5.2.5.1.1	Tropfsaftverluste bei Lagerung in SB-Schalen.....	96
5.2.4.1.1.1	Tropfsaftmessung in den Teilstücken	96
5.2.5.1.1.2	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Tropfsaftmessung	96
5.2.5.2	Ergebnisse der Tropfsaftverlustmessung im Teilversuch 2	98
5.2.5.3	Vorhersage des Tropfsaftverlustes	100
5.2.6	Ergebnisse der Scherkraftmessung im Teilversuch 1	102
5.2.6.1	Scherkraftmessung in den Teilstücken Nacken, Oberschale und Kotelett	102
5.2.6.2	Beziehungen zwischen den gemessenen Scherwerten	102
5.2.6.3	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Scherkraftmessung	103
5.2.7	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star).....	107
5.2.7.1	Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 1	107
5.2.7.1.1	Fleischhelligkeitsmessung in den Teilstücken.....	107
5.2.7.1.2	Beziehungen zwischen den Ergebnissen der Fleischhelligkeitsmessungen	107
5.2.7.1.3	Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Fleischhelligkeitmessungen	108
5.2.7.2	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung sowie Einfluss des Genotyps im Teilversuch 2.....	109
5.2.8	Ergebnisse der Messung des intramuskulären Fettgehalts im Teilversuch 2	110
5.2.9	Beziehungen zwischen den Fleischqualitätsparametern im Teilversuch 2	111
5.2.10	Zusammenfassung der Analyse der physikalisch-chemischen Parameter der Fleischqualität	113
5.3	Histologische und histochemische Kriterien der Fleischqualität	113
5.3.1	Anteil der Muskelfasertypen	113
5.3.2	Durchschnittliche Größe des Faserquerschnitts	116
5.3.3	Adipozytenfläche im M. spinalis in den histologischen Präparationen	118
5.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der histochemischen Analyse	120

5.4	Ergebnisse der sensorischen Bewertung.....	120
5.4.1	Zusammenfassung der sensorischen Analyse.....	123
6.	DISKUSSION	124
6.1	Diskussion des Versuchsansatzes	124
6.2	Auswertung der Leistungsparameter und Einfluss des Genotyps	125
6.3	Auswertung der Parameter der Fleischqualität	130
6.4	Genotypen mit hohem Genusswert und geringem Tropfsaftverlust.....	133
7.	SCHLUSSFOLGERUNG	135
8.	ZUSAMMENFASSUNG	137
9.	SUMMARY	141
10.	LITERATURVERZEICHNIS.....	145
11.	ANHANG	164
11.1	Tabellen	164
11.2	Verwendete Materialien	194
11.2.1	Bestimmung der Muskelfasern	194
11.2.2	Bestimmung der Adipozytenfläche im M. spinalis	195
12.	DANKSAGUNG	197

II. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb. = Abbildung

a.bidest = Aqua Bidest

AUTO-FOM = Vollautomatische Klassifizierungsanlage für Schweine

bzw. = beziehungsweise

ca. = circa

CK = Creatin-Kinase

CMA = Centrale Marketing Gesellschaft für die deutsche Agrarwirtschaft mbH

°C = Grad Celsius

d = Tag

DFD = dark firm dry

d.h. = das heißt

DL = Deutsche Landrasse

EUROP = Handelsklassen für Schweinefleisch, Einstufung nach Muskelfleischanteil

et al. = et alia, und andere

etc. = et cetera

FS = Fettsäure

ggf. = gegebenenfalls

GES = Geschlecht

GLS = Gesellschaft für Lebensmittelsicherheit

GmbH = Gesellschaft mit beschränkter Haftung

h = Stunden

ha = Hektar

i.d.R. = in der Regel

i.A. = im Allgemeinen

IMF = intramuskulärer Fettgehalt

LEH = Lebensmitteleinzelhandel

LF = Leitfähigkeit

LPA = Leistungsprüfungsanstalt

LS-means = least squares means

LSZ = Landes- und Wissenszentrum

M. = Musculus

Max = Maximal

MFA = Muskelfleischanteil

MHS = malignes Hyperthermie Syndrom

min = Minuten

Min = Minimal
mind. = mindestens
Mio. = Million
ML = Mutterlinie
mS/cm = milliSiemens pro Zentimeter, Maßeinheit der Leitfähigkeit
MW = Mittelwert
n = Anzahl
NN = homozygot stressstabil
NP = heterozygot stressstabil
Nr. = Nummer
p = Signifikanz
p.m. = post mortem
PSE = pale, soft, exudative
PP = homozygot stresslabil
PUFA = Mehrfach ungesättigte Fettsäuren
QM = Qualitätsmanagement
QS = Qualität und Sicherheit
r = Korrelation
RSE = read, soft, exudative
RN = Rendement Napole
SB-Schale = Selbstbedienungsschale
SD = Standardabweichung
SEM-Werte = Standard Error of Measurement
SR = Sarcoplasmatisches Reticulum
SZV = Schweinezuchtverband Baden-Württemberg
t = Tonne
Tab. = Tabelle
TSV = Tropfsaftverlust
u.a. = und andere
µm = Mikrometer
VL = Vaterlinie
VO = Verordnung
WSK = Wertschöpfungskette
z.B. = zum Beispiel

III. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1:	Aufbau eines Muskels.....	3
Abbildung 2.2:	Schematische Darstellung der Muskelproteine, mit Darstellung der Hauptkomponenten der Sarkomere nach Kemp et al., 2010.....	4
Abbildung 2.3:	Häm im Myoglobin-Molekül aus Potthast, 1986	9
Abbildung 2.4:	Temperatur und pH-Wertverlauf eines normalen Schlachtkörpers, verändert nach Frisby et al., 2005	15
Abbildung 2.5:	Aussagen der Verbraucher (%-Anteil) über die Bewertung der Zartheit in Bezug auf die Scherkraft-Messung (N) mittels Warner-Bratzler-Schere (WBS), Teilstück Schweinelende, verändert nach Moeller et al., 2010	19
Abbildung 4.1:	M. spinalis	42
Abbildung 4.2:	Angefärbte Muskelfasern	44
Abbildung 4.3:	Rot angefärbte Adipozyten	45
Abbildung 5.1:	Geburtsgewichte (kg) nach Wurfnummer.....	53
Abbildung 5.2:	Verteilung der Geburtsgewichte der Versuchsferkel	55
Abbildung 5.3:	Einfluss der Wurfgröße auf das durchschnittliche Geburtsgewicht (kg) der Ferkel.....	56
Abbildung 5.4:	Übersicht über den Einfluss der Mutterlinie auf die täglichen Zunahmen (g) in der Säugezeit, Aufzucht und Mast	65
Abbildung 5.5:	Darstellung der Lebenstagszunahme (g) für die Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht (K=Kastrat, W=Weiblich)	67
Abbildung 5.6:	Muskelfleischanteil (%) bei den untersuchten Genotypen (LS-means, Kovariate Schlachtgewicht), Genotyp, Teilversuch 1	71
Abbildung 5.7:	Muskelfleischanteil (%) bei den untersuchten Genotypen (LS-means, Kovariate Schlachtgewicht), Genotyp, Teilversuch 2	74
Abbildung 5.8:	Tropfsaftverlust in der SB-Schale im Teilstück Kotelett (%) nach unterschiedlicher Lagerung, Genotyp, Teilversuch 1	98
Abbildung 5.9:	Tropfsaftverlust nach Bag-Methode für das Teilstück Kotelett (%) 48h p.m., Genotyp, Teilversuch 2	100
Abbildung 5.10:	Intramuskulärer Fettgehalt (% IMF) im Kotelett, Genotyp (LS-means), Teilversuch 2.....	111
Abbildung 5.11:	Verteilung der verschiedenen Muskelfasertypen (%) nach Genotyp.....	115
Abbildung 5.12:	Durchschnittliche Faserquerschnittsfläche insgesamt (µm) nach Genotypen.....	118

Abbildung 5.13:	Anteil der Adipozytenfläche im M. spinalis (%), Genotyp	119
Abbildung 5.14:	Gesamtbewertung im Sensoriktest (Punkte), Genotyp, Teilversuch 1	122

IV. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1:	Nomenklatur der Einteilung von Muskelfasertypen	5
Tabelle 2.2:	Beziehung zwischen Eigenschaften der Muskelfasertypen und der Fleischqualität, verändert nach Choe et al., 2008 und Taylor, 2004.....	6
Tabelle 2.3:	Muskelspezifische Fettgehalte (%) bei Mastschweinen (n=90, verschiedene Rassen), verändert nach Fischer, 1994	10
Tabelle 2.4:	Fettsäurezusammensetzung (g/100g Fettsäure) im Fettgewebe und in den Muskellipiden im Kotelett, verändert nach Enser et al., 1996	11
Tabelle 2.5:	Mögliche Grenzwerte von pH-Wert und Leitfähigkeit zur Einschätzung der Fleischqualität nach Honikel, 2007	18
Tabelle 2.6:	Literaturstudie über Korrelationen ($r=x$) zwischen IMF-Gehalt (%) im M. longissimus und Parametern der Sensorik des Fleisches nach Link, 2007, aktualisiert	21
Tabelle 2.7:	Muskelfaserzahl und -durchmesser (LS-means, $\pm$ SD) im M. longissimus dorsi von verschiedenen Schweinerassen nach Rehfeldt et al., 2000.....	24
Tabelle 4.1:	Darstellung der Genotypen der verwendeten Kreuzungssauen	29
Tabelle 4.2:	Verteilung der Würfe nach Wurfnummer.....	30
Tabelle 4.3:	Verteilung der untersuchten Mastendprodukte aus den 534 Würfen.....	31
Tabelle 4.4:	Einteilung der Nachkommen nach Rasse und MHS-Status des Ebers	31
Tabelle 4.5:	Verteilung der Versuchstiere nach Haltungssystem und Fütterungsregime in der Mast	33
Tabelle 4.6:	Zerlegung nach DLG-Schnittführung im Teilversuch 2.....	37
Tabelle 4.7:	Messung des pH-Werts im Teilversuch 1.....	38
Tabelle 4.8:	Messung des pH-Werts im Teilversuch 2.....	38
Tabelle 4.9:	Messung der Leitfähigkeit (mS/cm) im Teilversuch 1	39
Tabelle 4.10:	Verwendete Grenzwerte von pH-Wert und Leitfähigkeit zur Beurteilung der Fleischqualität nach Honikel, 2007.....	39
Tabelle 5.1:	Charakterisierung der Fruchtbarkeitsleistung.....	49
Tabelle 5.2:	Verteilung der Würfe bezogen auf den Genotyp	49
Tabelle 5.3:	Darstellung der Fruchtbarkeitsleistungen differenziert nach Jung- und Altsauen im Versuchszeitraum März 2008 bis November 2009 bezogen auf die geborenen Würfe (LS-means, $\pm$ SEM).....	50

Tabelle 5.4:	Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht (kg) nach Mutterlinie (ML) und Vaterlinie (VL) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM).....	51
Tabelle 5.5:	Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht (kg) nach Mutterlinie (ML) und Vaterlinie (VL) bezogen auf alle Würfe (LS-means, $\pm$ SEM).....	52
Tabelle 5.6:	Geburtsgewicht der im Mastversuch verwendeten Tiere nach Vaterlinie (VL), Mutterlinie (ML) und Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)	54
Tabelle 5.7:	Einteilung der Tiere in verschiedene Geburtsgewichtsklassen.....	56
Tabelle 5.8:	Zahl der abgesetzten Ferkel, Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) (LS-means, $\pm$ SEM)	57
Tabelle 5.9:	Beziehungen zwischen den Merkmalen der Fruchtbarkeit	58
Tabelle 5.10:	Ergebnisse der Wachstumsparameter der Versuchstiere	59
Tabelle 5.11:	Tägliche Zunahmen (g) während der Säugezeit nach Mutter (ML)-, Vaterlinie (VL) und Geschlecht (GES) sowie unter Berücksichtigung der Kovariaten Geburtsgewicht ($p < 0.001$) und Wurfgröße ($p < 0.001$) (jeweils LS-means, $\pm$ SEM)	60
Tabelle 5.12:	Absetzgewichte (kg) nach 28 Tagen Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	62
Tabelle 5.13:	Tägliche Zunahmen (g) während der Aufzucht nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	63
Tabelle 5.14:	Tägliche Zunahmen während der Mast (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)	64
Tabelle 5.15:	Lebendtagzunahme (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	66
Tabelle 5.16:	Beziehungen zwischen den Merkmalen des Wachstums.....	68
Tabelle 5.17:	Übersicht Schlachtleistung der Versuchstiere (Muskelfleischanteil (%), Ausschlachtung (%), Schlachtgewicht (kg)) im Teilversuch 1	70
Tabelle 5.18:	Ausschlachtung (%) und Muskelfleischanteil (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) im Teilversuch 1 mit Kovariate Schlachtgewicht (SG=91,22 kg)	70
Tabelle 5.19:	Beziehungen zwischen der Schlachtleistung und des Wachstums im Teilversuch 1	72

Tabelle 5.20:	Übersicht Schlachtleistung der Versuchstiere (Muskelfleischanteil (%), Ausschlachtung (%), Schlachtgewicht (kg)) im Teilversuch 273
Tabelle 5.21:	Ausschlachtung (%) und Muskelfleischanteil (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) im Teilversuch 2 mit Kovariate Schlachtgewicht (Ausschlachtung: Einfluss SG $p < 0,001$; MFA: Einfluss SG $p < 0,05$)73
Tabelle 5.22:	Beziehungen zwischen der Schlachtleistung und des Wachstums im Teilversuch 275
Tabelle 5.23:	Signifikante Parameter aus der Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) sowie deren Interaktionen76
Tabelle 5.24:	Ergebnisse der täglichen Zunahmen und der Schlachtleistung sowie der Fleischqualität nach Genotyp und MHS-Status des Vaters79
Tabelle 5.25:	Ergebnisse der pH-Wert-Messung in Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1), 3 h p.m. (pH 3), 6 h p.m. (pH 6) sowie pH vor Zerlegung und Einstufung in Fehlreifungskategorien, Teilversuch 180
Tabelle 5.26:	Korrelationen zwischen den pH-Werten in Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1), 3 h p.m. (pH 3), 6 h p.m. (pH 6) sowie pH vor Zerlegung, Teilversuch 181
Tabelle 5.27:	pH-Werte im Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 182
Tabelle 5.28:	Ergebnisse der pH-Wert-Messung in Kotelett (K) und Schinken (S) 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung und Einstufung in Fehlreifungskategorien, Teilversuch 283
Tabelle 5.29:	Korrelationen zwischen den pH-Werten Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung, Teilversuch 284
Tabelle 5.30:	pH-Werte in Kotelett (K) und Schinken (S) 45 min p.m. (pH 1) sowie pH vor Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 285
Tabelle 5.31:	Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) 3 h p.m. (LF 3), 6 h p.m. (LF 6) und LF vor Zerlegung sowie PSE-Einstufung, Teilversuch 186
Tabelle 5.32:	Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert $> 8,0$ mS/cm im Kotelett (LF vor Zerlegung) und somit PSE-Verdacht, Teilversuch 186

Tabelle 5.33:	Korrelationen zwischen den Leitfähigkeitsmessungen, Kotelett (K) und Schinken (S) 3 h p.m. (LF 3), 6 h p.m. (LF 6) und LF vor Zerlegung, Teilversuch 1	87
Tabelle 5.34:	LF vor Zerlegung (mS/cm) im Kotelett (K) und Schinken (S) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	88
Tabelle 5.35:	Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) LF vor Zerlegung sowie PSE-Verdacht, Teilversuch 2	88
Tabelle 5.36:	Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert $>8,0$ mS/cm im Kotelett (LF vor Zerlegung) und somit PSE-Verdacht nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES), Teilversuch 2	89
Tabelle 5.37:	LF vor Zerlegung (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2	90
Tabelle 5.38:	Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der Leitfähigkeitsmessungen vor Zerlegung im Schinken (PSE Einstufung: LF vor Zerlegung $>8,0$ mS/cm) Teilversuch 1	91
Tabelle 5.39:	Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der pH-Wert Messungen im Kotelett (PSE: pH1 $<5,8$) Teilversuch 2	92
Tabelle 5.40:	Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der Leitfähigkeitsmessungen vor Zerlegung im Schinken (PSE Einstufung: LF vor Zerlegung $>8,0$ mS/cm) Teilversuch 2	93
Tabelle 5.41:	Vergleich der PSE-Schlachtkörper mit niedrigem, mittlerem und hohem Tropfsaftverlust (%; ermittelt anhand von Kotelettproben 48h p.m.), hinsichtlich der anderen untersuchten Fleischqualitätsparameter, Teilversuch 2	94
Tabelle 5.42:	Vergleich der normal eingestuften Schlachtkörper mit niedrigem, mittlerem und hohem Tropfsaftverlust (%; ermittelt anhand von Kotelettproben 48h p.m.), hinsichtlich der anderen untersuchten Fleischqualitätsparameter, Teilversuch 2	95
Tabelle 5.43:	Ergebnisse des Tropfsaftverlustes (TSV) (%) nach 3- bis 8-tägiger Reifung, Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1	96

Tabelle 5.44:	Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) in der SB-Schale nach 3 d Lagerung, Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	97
Tabelle 5.45:	Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) 48 h p.m. nach der Bag-Methode, Teilstück Kotelett, Teilversuch 2	98
Tabelle 5.46:	Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) 48 h p.m., Teilstück Kotelett, nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2	99
Tabelle 5.47:	Einteilung der Tiere in drei Gruppen nach Tropfsaftverlust (%) im Kotelett, Teilversuch 2	101
Tabelle 5.48:	Parameter der Fleischqualität (LF vor Zerlegung, pH1 und pH vor Zerlegung) im Kotelett nach der Einteilung in Tabelle 5.47, Teilversuch 2	101
Tabelle 5.49:	Ergebnisse der Scherkraftmessung (Nm) nach Reifung und Zubereitung (Braten), Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1	102
Tabelle 5.50:	Korrelationen zwischen den Scherkraftmessungen nach unterschiedlicher Reifungsdauer (Nm) in den Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1	103
Tabelle 5.51:	Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Nacken nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	104
Tabelle 5.52:	Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Oberschale nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	105
Tabelle 5.53:	Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Kotelett nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	106
Tabelle 5.54:	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star, Punkte) für die Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett nach unterschiedlicher Lagerdauer	107
Tabelle 5.55:	Varianzanalytische Auswertung der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star, Punkte) für die Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett nach unterschiedlicher Reifedauer	108
Tabelle 5.56:	Ergebnisse des intramuskulären Fettgehalts (IMF) im Kotelett (%), Teilversuch 2	110

Tabelle 5.57:	Intramuskulärer Fettgehalt (% IMF) im Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2	110
Tabelle 5.58:	Korrelationen zwischen den Parametern pH1 und pH vor Zerlegung und Leitfähigkeit (LF vor Zerlegung in mS/cm) in Kotelett und Schinken, der Fleischhelligkeitsmessung am Kotelett (Opto-Star, Punkte), des Tropfsaftverlustes (TSV 48 h p.m. in %), sowie des intramuskulären Fettgehalts (%) im Kotelett, Teilversuch 2.....	112
Tabelle 5.59:	Ergebnisse der Muskelfasertypisierung (%), Teilversuch 1	113
Tabelle 5.60:	Anteil der verschiedenen Muskelfasertypen (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	114
Tabelle 5.61:	Durchschnittliche Größe des Faserquerschnitts (rot, intermediär und weiß) in μ m	116
Tabelle 5.62:	Durchschnittliche Faserquerschnittsfläche (gesamt sowie nach Fasertypen) (μ m) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	117
Tabelle 5.63:	Übersicht über die Adipozytenfläche im M. spinalis (%).....	118
Tabelle 5.64:	Anteil der Adipozytenfläche im M. spinalis (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)	119
Tabelle 5.65:	Ergebnisse der sensorischen Bewertung für das Teilstück Kotelett (Punkte), Teilversuch 1	120
Tabelle 5.66:	Korrelationen zwischen den Parametern der Sensorik.....	121
Tabelle 5.67:	Ergebnisse der sensorischen Bewertung (Punkte) für das Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1	122
Tabelle 5.68:	Korrelationsanalyse für die Parameter der Sensorik, der Schlachtleistung, der Fleischqualität sowie der histochemischen Analyse, Teilversuch 1.....	123
Tabelle 11.1:	Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht/Wurf (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Jungsauen (LS-means, $\pm$ SEM)	164
Tabelle 11.2:	Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Jungsauen (LS-means, $\pm$ SEM)	165

Tabelle 11.3:	Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM).....	165
Tabelle 11.4:	Wurfgröße nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM).....	166
Tabelle 11.5:	Tägliche Zunahmen in der Mast (g), Schlachttalter, Muskelfleischanteil (% MFA) und Tropfsaftverlust (%) nach Einteilung in fünf Geburtsgewichtsklassen.....	167
Tabelle 11.6:	Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Genotyp bezogen auf die geborenen Würfe (LS-means, $\pm$ SEM).....	168
Tabelle 11.7:	Gewicht nach 21 d nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL), sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	168
Tabelle 11.8:	Masteinstallgewicht (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	169
Tabelle 11.9:	Mastendgewicht (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	170
Tabelle 11.10:	Tägliche Zunahmen (g) in der Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) für die Jungsauen (LS-means, $\pm$ SEM).....	171
Tabelle 11.11:	Tägliche Zunahmen (g) in der Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM).....	172
Tabelle 11.12:	Absetzgewichte (kg) nach 28 d Säugezeit nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM).....	173
Tabelle 11.13:	Tägliche Zunahmen in der Aufzucht (g) nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM).....	174
Tabelle 11.14:	Tägliche Zunahmen in der Aufzucht (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) sowie unter Berücksichtigung der Kovariaten Geburtsgewicht ($p < 0.001$), Wurfgröße ($p < 0.001$) und abgesetzte Ferkel ($p < 0.001$) (LS-means, $\pm$ SEM).....	175
Tabelle 11.15:	Tägliche Zunahmen in der Säuge-, Aufzucht- und Mastzeit, Interaktion Vaterlinie (VL)*Mutterlinie (ML)*Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	176
Tabelle 11.16:	Mastdauer (Tage) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM).....	177
Tabelle 11.17:	Signifikante Zerlegeleistung der Vaterlinie (VL) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2.....	177

Tabelle 11.18:	Signifikante Unterschiede zwischen Mutterlinien (ML) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2 178
Tabelle 11.19:	Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2 178
Tabelle 11.20:	Signifikante Unterschiede zwischen der Interaktion Vaterlinie (VL)*Geschlecht (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2 178
Tabelle 11.21:	Signifikante Unterschiede zwischen der Interaktion Vaterlinie (VL)*Mutterlinie (ML)*Geschlecht (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2 179
Tabelle 11.22:	Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2 180
Tabelle 11.23:	Korrelationen zwischen den Parametern der Ergebnisse im Teilversuch 2 181
Tabelle 11.24:	Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Kotelettproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM) 182
Tabelle 11.25:	Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Nackenproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) 182
Tabelle 11.26:	Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Oberschalenproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) 183
Tabelle 11.27:	Korrelationen zwischen den Tropfsaftverlusten der Teilstücke Kotelett, Nacken und Oberschale nach unterschiedlicher Lagerungsdauer 184
Tabelle 11.28:	Korrelationen zwischen den Fleischhelligkeitswerten (Opto-Star), Teilversuch 1 185
Tabelle 11.29:	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Nacken nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1 186
Tabelle 11.30:	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Oberschale nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1 186
Tabelle 11.31:	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1 187
Tabelle 11.32:	Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) am Kotelettanschnitt, Teilversuch 2 187

Tabelle 11.33:	Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) am Kotelettanschnitt nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2	188
Tabelle 11.34:	Tägliche Zunahmen in der Mast (g) und Muskelfleischanteil (%) der Tiere, für die der IMF-Gehalt ermittelt wurde. Auswertung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)	189
Tabelle 11.35:	Tägliche Zunahmen in der Mast (g) und Muskelfleischanteil (%) der Tiere, die für die histochemischen Untersuchungen ausgewählt wurden. Auswertung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)	190
Tabelle 11.36:	Korrelationen zwischen den pH-Werten sowie Anteil und Größe der verschiedenen Muskelfasertypen, Teilversuch 1	191
Tabelle 11.37:	Korrelationen zwischen ausgewählten Parametern der Schlachtleistung und histochemischen Parametern, Teilversuch 1	192
Tabelle 11.38:	Korrelationen zwischen den Parametern des Wasserbindungsvermögens (SB-Schale) und dem Anteil der verschiedenen Muskelfasertypen	193

1. EINLEITUNG

Die ansteigende Weltbevölkerung und der gehobene Lebensstandard führen dazu, dass mehr Fleisch nachgefragt wird. Dabei spielt die Fleischqualität insbesondere im europäischen Raum eine immer größere Rolle. Um diese erzeugen zu können, benötigt die landwirtschaftliche Produktion entsprechende Vorgaben zum Einsatz der geeigneten Genetik. Zuchtorganisationen schaffen dabei mit ihrer Arbeit die Basis für eine hohe Produktqualität. Davon profitieren alle Mitglieder der Wertschöpfungskette bis hin zum Verbraucher. Seit mehreren Jahrzehnten ist deshalb die Züchtung von fleischreichen Schweinen stark marktorientiert (Ruusunen et al., 2012; Glodek, 2000; Lawrie, 1985). Gleichzeitig dürfen die für die landwirtschaftliche Produktion wichtigen Parameter wie Fruchtbarkeit und Mastleistung der Tiere nicht außer Acht gelassen werden. Die Einführung der Hybridzucht konnte die Effizienz in der gesamten Schweineproduktion optimal steigern (Ruusunen et al., 2012; Kuhlers et al., 1994). In den organisierten Mast- und Schlachtleistungsprüfungen erfolgt die Überprüfung der genetischen Potentiale der unterschiedlichen Genotypen.

In der vorliegenden Dissertation wird untersucht, welche Genotypen, basierend auf den genetischen Linien von German Genetic/SZV, sowohl einen hohen Schlachtkörperwert als auch eine gute Fleischqualität mit einem hohen Genusswert garantieren. Gleichzeitig wird überprüft, in welcher Beziehung die Kriterien der Fruchtbarkeits-, Mast- und Schlachtleistung zu den Kriterien der Fleischqualität stehen. Hierbei sollen Parameter ermittelt werden, die geeignet sind, einen hohen Genusswert und einen geringen Tropfsaftverlust vorherzusagen. Davon sollen Grenzwerte abgeleitet werden, die eine sichere Vorhersage der Bewertung der Fleischqualität und des Genusswertes zulassen. Für diese Untersuchung stehen zehn verschiedene Genotypen zur Verfügung. Die Mutterlinien werden aus den Rassen Large White, Deutsche Landrasse, Leicoma und Schwäbisch-Hällische-Sauen zusammengestellt. Die Genotypen der eingesetzten Sauen repräsentieren neben typischen in Baden-Württemberg eingesetzten Sauenlinien somit auch Leicoma-Kreuzungssauen. Diese Sauen werden mit Pietrain- und Duroc-Ebern angepaart. Für die genannten Genotypen werden erstmals umfassende Daten zum Wachstumsvermögen und Schlachtkörperwert sowie zur Fleischqualität erhoben.

2. LITERATUR

2.1 Bestimmungsgrößen der Qualität von Schweinefleisch aus Sicht der Fleischproduktion und -verarbeitung

2.1.1 Der Begriff Qualität

Qualität stammt vom lateinischen Wort *qualis* (wie beschaffen) ab. Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man die Beschaffenheit eines Erzeugnisses, welches sich positiv von anderen abhebt (Hofmann et al., 2007). Die gängige Aussage: „Qualität ist, wenn der Kunde zurückkommt und nicht das Produkt“ (Paeger, 2011), trifft für alle Bereiche zu. Für den Bereich der Fleischqualität ist es sinnvoll, die Qualität als Produkt einer komplexen Kette zu sehen (Branscheid et al., 2007). Der Begriff Qualität lässt sich wie folgt definieren: „In sensorische Qualität, Nährwert, hygienische und technologische Faktoren“ (Hofmann, 1986). So kann man exakter definieren: „Fleischqualität ist die Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch-toxikologischen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Fleisches“ (Hofmann, 1973) oder kurz: „Qualität ist die Summe aller Qualitätsmerkmale“ (Hofmann, 1974). Zu beachten gilt dabei, dass die Qualitätsmerkmale teilweise objektivierbar und damit messbar sind, teilweise aber auch der subjektiven Vorstellung durch den Betrachter ausgesetzt sind (Hofmann, 1992).

Für eine große Mehrheit der Verbraucher in Deutschland ist der Geschmack eines Lebensmittels das entscheidende Qualitätsmerkmal. So stehen Geschmack, Aroma und Appetitlichkeit vor den Aspekten der Sicherheit und Gesundheit der Lebensmittelmittel. So scheint auch die artgerechte Tierhaltung keine so große Rolle bei der Auswahl der Lebensmittel zu spielen (Gesellschaft für Konsumforschung, 2011). Es zeigt sich, dass die Prozessqualität zunächst eine größere Rolle für die Produktion spielt, der Verbraucher sich mehr in Richtung der Produktqualität, im Sinne der sensorischen Qualität, orientiert. Die Prozessqualität schließt die materiell und psychosozial wirkenden Komponenten ein. Dabei sind alle Bereiche der Produkt- und Prozessqualität Bestandteile eines Qualitätsmanagements in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen (Branscheid, 2007b).

Der Prozess der Fleischerzeugung beginnt in der Landwirtschaft mit der Aufzucht, Haltung und Fütterung der Tiere. Über den Transport der Tiere führt er weiter zum Schlachthof mit den Bedingungen im dortigen Wartestall. Durch Betäubung und Schlachtung und der anschließenden Behandlung des Tierkörpers (Kühlung und Reifung) findet der Prozess der Fleischerzeugung zunächst ein Ende (Hofmann et al., 2007; Branscheid, 2007a). Für den

Verbraucher endet der Prozess allerdings erst, wenn das Stück Fleisch schmackhaft verspeist wurde (Hildebrandt, 2008).

Für die Bestimmung der Produktqualität werden verschiedene Messwerte herangezogen: zum Beispiel pH-Wert, Farbe, Leitfähigkeit und die Marmorierung des Fleisches. Über die Definition dieser Maßstäbe setzt sich die Fleischqualität zusammen, die Messwerte an sich sind neutral (Hofmann et al., 2007; Honikel, 1992; Hofmann, 1992).

2.1.2 Physiologische Grundlagen der Fleischqualität: vom Muskel zum Fleisch

2.1.2.1 Bau des Muskels und biochemische Abläufe im Muskel

Unter dem Begriff Fleisch versteht man die Skelettmuskulatur von Tieren mit dem anhaftenden Binde- und Fettgewebe, welches sich grundsätzlich für den menschlichen Verzehr eignet (Binke, 2003). Dabei variieren Muskeln oberflächlich und in sich. Sie unterscheiden sich in ihrer Größe, ihrer Ausprägung (kurz oder lang, breit oder schmal, etc.), ihren Verbindungen zu Knochen, Knorpeln oder Bändern, ihrer Blut- und Nervenbahnversorgung sowie in ihrer Verbindung zu anderen Geweben und in ihrer Wirkungsweise (langsam oder schnell, anhaltend oder stockend, einfach oder in komplexen Verbindungen mit anderen Muskeln) (Lawrie, 1985). Der Aufbau des Muskels im Detail ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

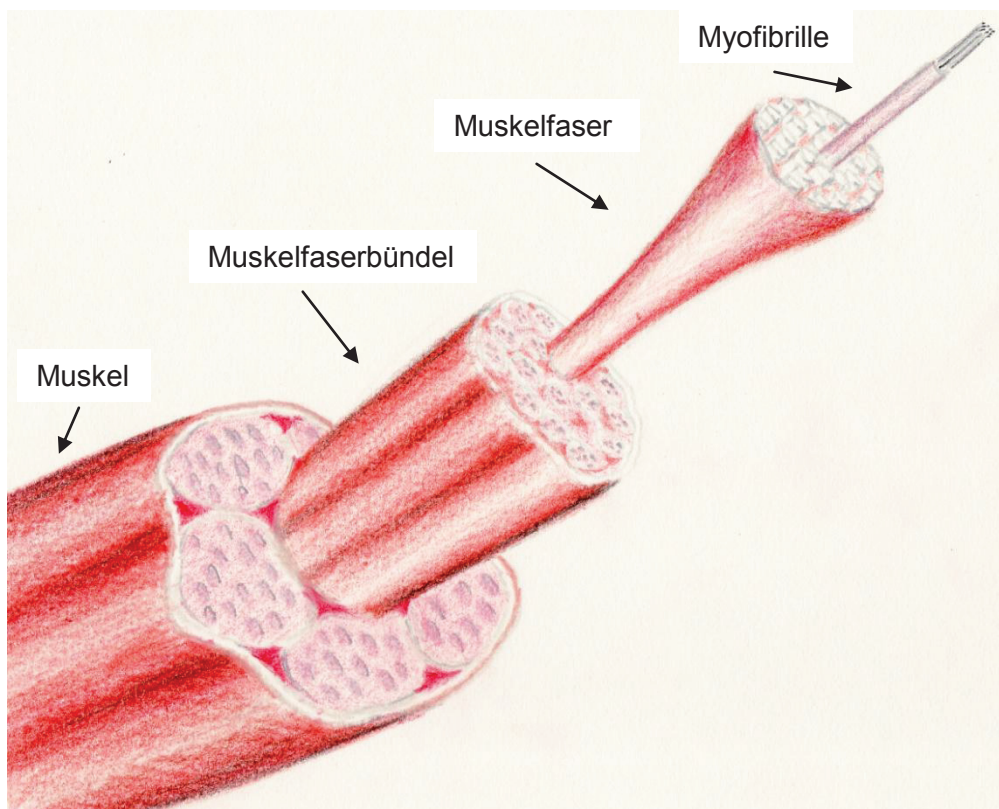


Abbildung 2.1 Aufbau eines Muskels, eigene Darstellung

Jeder Muskel wird von Bindegewebe, dem Epimysium, ummantelt. Die Muskelfaserbündel werden vom Perimysium umschlossen. Hier kann Fettgewebe eingelagert werden, welches sich als Marmorierung im Fleisch erkennen lässt. Das Bindegewebe, welches jede einzelne Faser ummantelt, ist das Endomysium (Schwägele, 2003; Lawrie, 1985). Die Fibrillen der Sehnen verschmelzen an den Enden des Muskels mit den Muskelfasern. Jede Muskelfaser besteht aus einer großen Zahl von Myofibrillen, welche wiederum aus vielen Myofilamenten zusammengesetzt sind. Die Myofilamente bestehen aus Myosin- und Actin-Filamenten. Hauptproteine der Actin-Filamente sind Tropomyosin und Troponin. Das Myosin-Filament, hat ein großes Protein mit zwei schweren Ketten und zwei als paarweise angeordneten Untereinheiten leichten Ketten (Hamm, 1981).

Wie in Abbildung 2.2 dargestellt, unterliegen spezifische Muskelfibrillen, das fibrilläre Zellskelett und die costameren Proteinkomplexe, wie beispielsweise Titin und Desmin, einer Aufspaltung der hauptsächlichen fibrilläre Proteine wie Actin und Myosin (Kemp et al., 2010).

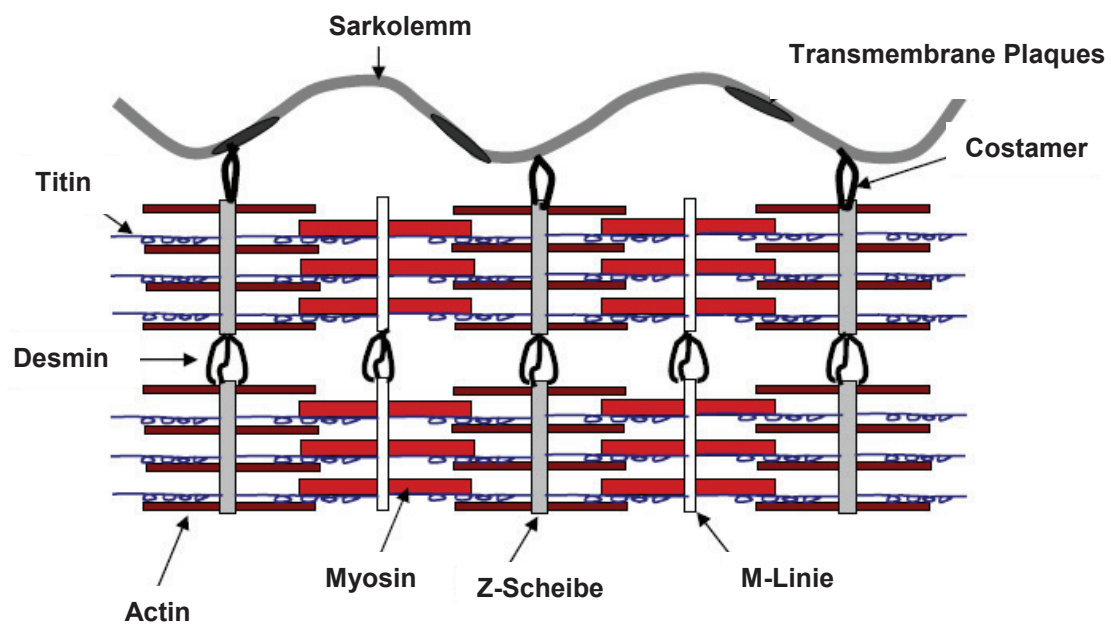


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Muskelproteine, mit Darstellung der Hauptkomponenten der Sarkomere (nach Kemp et al., 2010)

Myosin hat die Eigenschaft eines Enzyms und katalysiert die Abspaltung der endständigen Phosphorsäure-Gruppen aus Adenosintriphosphat (ATP). Dabei wird die Energie freigesetzt, die für die Muskelkontraktion benötigt wird. Dadurch, dass das Myosin an das Actin gebunden ist, wird diese Aktivität gesteigert. Das Myosin hat verschiedene Seitengruppen, die positive oder negative Ladungen bilden können. Bei pH 5 liegt hier der isoelektrische Punkt, an dem die Zahl der negativen Ladungen gleich der positiven Ladungen ist. Die

starke Quellbarkeit des Myosins begründet sich somit aus der großen Zahl an Ladungsgruppen (Hamm, 1981).

Für die Energieproduktion gibt es im Muskel des Tieres zwei Wege: den oxidativen Weg, der sehr effizient ist, dabei aber viel Sauerstoff verbraucht und sich gut eignet, wenn die Muskeln langsam arbeiten sollen. Beim zweiten Weg, wenn die Muskeln schnell arbeiten sollen, ist der Sauerstoffverbrauch reduziert und die Muskeln gehen über den Weg der Glykolyse, um ihre Energie bereitzustellen. Dabei wird Glykogen in Milchsäure umgewandelt. Nach Eintritt des Todes ist kein Sauerstoff mehr für den oxydativen Weg vorhanden, so dass der glykolytische Weg für die post mortem Vorgänge sehr wichtig ist. Er leitet die Anreicherung von Milchsäure im Muskelgewebe ein (Choe, 2008).

2.1.2.2 Muskelfasern: Zusammensetzung, Größe und Zahl

Der Muskel setzt sich aus vielen Muskelfasern zusammen. Die Muskelmasse ist dabei sowohl durch die Zahl der Muskelfasern als auch den Durchmesser der einzelnen Muskelfasern bedingt. Dabei bestehen klare Unterschiede zwischen den Fasern in ihrer Querschnittfläche, den kontraktilen und metabolischen Eigenschaften, die sich auch auf die Fleischqualität auswirken (Lefaucheur, 2010). Im Folgenden sind die Stoffwechseleigenschaften der Muskelfasern beschrieben. Zunächst gibt die nachstehende Tabelle 2.1 einen Überblick über die Einteilung der Muskelfasertypen bei verschiedenen Autoren.

Tabelle 2.1: Nomenklatur der Einteilung von Muskelfasertypen

Bezeichnung	Kontraktionsgeschwindigkeit Stoffwechseleigenschaften	Literaturquelle
Type Ia	Slow-oxidative	Larzul et al., 1997a
Type IIa	Fast-oxidative	Gondret et al., 2005b
Type IIx	Fast-oxidative-glycolytic	
Type IIb	Fast-glycolytic	
	Ia < IIa < IIx < IIb	Lefaucheur, 2010
rote Fasern	Oxidative Fasern	Wimmers et al., 2007
intermediäre Fasern	oxido-glycolytic Fasern	
weiße Fasern	glycolytic Fasern	
rote Fasern	Slow-twitch oxidative	Bee et al., 2007
intermediäre Fasern	Fast-twitch oxidative	
weiße Fasern	Fast-twitch-glycolytic Fasern	

Nachfolgend wird sich auf Nomenklatur von Wimmers et al. (2007) und Bee et al. (2007) bezogen.

Die folgende Tabelle 2.2 veranschaulicht die Eigenschaften der einzelnen Muskelfasertypen und die Rolle für die Fleischqualität:

Tabelle 2.2: Beziehung zwischen Eigenschaften der Muskelfasertypen und der Fleischqualität (verändert nach Choe et al., 2008 und Taylor, 2004)

Fasertyp	Eigenschaften	Rolle für die Fleischqualität
I Slow-oxidative Rote Muskelfasern	Rot, oxidativ, langsame Kontraktion, mehr Myoglobin, reich an Mitochondrien, MHC-Typ I, kleinste Fasern	Hoher Lipidgehalt, geringer Durchmesser, rote Farbe, geringes glykolytisches Potential
II A Intermediär Intermediäre Muskelfasern	Rot, intermediär, schnelle Kontraktion, anaerob	Intermediär, geht schneller in den Rigor über als Typ I
II B Fast-glycolytic Weiße Muskelfasern	Weiß, glykolytisch, anaerob, schnelle Kontraktion, reich an Glykogen, wenig Mitochondrien, MHC-Typ IIb, längste Fasern	blasse Farbe, sie verändern mit dem Alter und der Bewegung die Größe, hohes glykolytisches Potential, daher bewirken sie einen niedrigen pH-Wert

Der Zusammenhang zwischen der Muskelfaserzusammensetzung und der Fleischqualität ist bisher nicht endgültig geklärt (Lefaucheur, 2010; Gentry et al., 2002; Larzul et al., 1997a). Die unterschiedliche Zusammensetzung der Muskelfasern, ihre Strukturen und die funktionellen Bestandteile haben einen großen Einfluss auf das Wachstumsvermögen der Tiere und sind als endogene Faktoren für die Fleischqualität von enormer Bedeutung (Wimmers et al., 2007; Cagnazzo et al., 2006). Der Durchmesser der Muskelfasern reicht von 0,01 bis 0,1 mm (Lefaucheur, 2010; Schwägele, 2003). Sie erreichen eine Länge von 150 mm und mehr (Schwägele, 2003). Die weißen Fasern haben den größten, die roten haben den kleinsten Durchmesser (Rehfeldt et al., 2000). Tiere mit einer großen Muskelfaserzahl mit einer gleichzeitig moderaten Größe sollen dabei eine gute Fleischqualität liefern (Rehfeldt et al., 2000). Das Geschlecht hat keinen Einfluss auf die Muskelfaserzusammensetzung (Larzul et al., 1997a), ebenso keinen Einfluss haben verstärkte Bewegungsmöglichkeiten für die Tiere während der Endmast (Gentry et al., 2002b).

Wenn in einem Muskel große Faserquerschnittsflächen und ein geringer Kapillarisierungsgrad vorliegen, bedingt dies eine ungünstige Versorgung des Gewebes mit Sauerstoff, so dass glykolytische weiße Fasern dominieren. Verschiedene Studien zeigen, dass sich die Hypertrophie von weißen Fasern sich nachteilig auf die Zartheit und das Wasserbindungsvermögen auswirkt (von Lengerken et al., 2007; Larzul et al., 1997a). Dies wird – neben dem Defekt des Ryanodinrezeptors – als eine endogene Ursache für

Stressempfindlichkeit und Mängel in der Fleischqualität, besonders bei der Rasse Pietrain verantwortlich gemacht (Kalbe et al., 2005; Wendt et al., 2000).

Die Muskelfaserzahl ist eine wichtige Determinante des postnatalen Wachstumsvermögens, der Schlachtkörperzusammensetzung sowie der Fleischqualität (Berard et al., 2011). Die Muskelfaserzahl ist pränatal weitgehend festgelegt (Nissen et al., 2004). Allerdings zeigten Berard et al. (2011), dass die Muskelfaserzahl beim Schwein bis zum 28. Lebenstag des Tieres ansteigen kann. Dafür wird primär die Bildung von tertiären Fasern verantwortlich gemacht, die durch die Expression von embryonalen MHC-Isoformen, ihrer geringen Größe sowie ihrer Nähe zu den schon vorhanden Fasern charakterisiert werden. Zusätzlich erfolgt eine „Scheinhyperplasie“ durch Muskelfaserverlängerung, dies lässt sich aus den innerhalb der Fasern auftretenden Endstücken der Muskelfibrillen schließen sowie durch den Aspekt, dass nur an diesen Endungen embryonale MHC-Isoforme ausgebildet werden.

Bei einem geringen Geburtsgewicht haben Ferkel eine geringere Anzahl an Gesamtmuskelfasern, mit größerem Faserdurchmesser und im späteren Schlachtkörper weniger Muskelfleisch als Ferkel mit einem mittleren oder hohen Geburtsgewicht (Lefaucheur, 2010; Nissen et al., 2004). Nach Dywer et al. (1993) haben Ferkel mit niedrigem Geburtsgewicht durchaus die Möglichkeiten, ihren Wachstumsrückstand später zu kompensieren, wenn sie mit einer relativ hohen Muskelfaserzahl ausgestattet sind. Allerdings wurden in einer Studie von Gondret et al. (2005a), bei Ferkeln mit niedrigen Geburtsgewichten im Mittel größere Fasern in verschiedenen untersuchten Muskeln und damit eine kleinere Faserzahl als bei Ferkeln mit höheren Geburtsgewichten nachgewiesen. Die Ausbildung der einzelnen Muskeln und damit die Bemuskelung insgesamt waren aber aufgrund der geringen durchschnittlichen Muskelfasergesamtanzahl geringer. Eine hohe Anzahl an Muskelfasern insgesamt kombiniert mit einem geringen Anteil an IIb-Fasern kann einen guten Einfluss auf die Fleischqualität sowie die Fleischigkeit haben (Kim et al., 2008; Ryu et al., 2006).

2.1.3 Wasserbindungsvermögen

Fleisch besteht bis zu 70% aus Wasser und bis zu 20% aus Protein. Die weiteren Bestandteile sind Fette (~ 5%), Kohlenhydrate (~ 1%) sowie Vitamine und Mineralien (~ 1%, oft zusammengefasst als Asche). Allgemein lässt sich das Wasserbindungsvermögen definieren als „die Fähigkeit des Fleisches, das eigene oder unter Umständen zugesetzte Wasser bei der Behandlung des Fleisches ganz oder teilweise festzuhalten“ (Honikel, 1987). Der größte Teil des Wassers (~ 85%) ist intra-myofibrilläres Wasser, der kleinere Teil des Wasser (~ 15%) ist extra-myofibrilläres Wasser. Dabei befindet sich das intra-myofibrilläre Wasser in den Räumen zwischen den dünnen und dicken Filamenten. Das extra-myofibrilläre Wasser befindet sich im Sarkoplasma zwischen den Myofibrillen (inter-

myofibrillär), zwischen den Muskelfasern (inter-faszial) und zwischen den Muskel-Faszien (extra-faszial) (Pearce et al., 2011; Honikel, 1987).

Das Wasserbindungsvermögen hängt von vielen verschiedenen Faktoren ante und post mortem ab. Die Aktin- und Myosinfilamente liegen kurz nach dem Schlachten, solange genug ATP vorhanden ist, frei ineinander verschiebbar und getrennt voneinander vor. Wenn der ATP-Gehalt im Muskel unter 1 $\mu\text{mol/g}$ Gewebe sinkt, werden die Calciumionen nicht mehr in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt. Hierdurch kommt es zur Bildung eines Actomyosin-Komplexes. Die Aktin- und Myosinfilamente sind nun irreversibel verknüpft, der pH-Wert im Muskel liegt bei 5,9 und der rigor mortis (Totenstarre) tritt ein. Dieser Zustand bleibt erhalten, bis die Fleischreifung einsetzt (Binke, 2003).

Neben diesen strukturellen Einflüssen wird das Wasserbindungsvermögen durch den pH-Wert (insbes. Nähe zum isoelektrischen Punkt der verschiedenen Muskelproteine) des Fleisches stark beeinflusst. Bei pH 5 liegt der isoelektrische Punkt, an dem die Zahl der negativen Ladungen gleich der positiven Ladungen ist. Die starke Quellbarkeit des Myosins begründet sich somit aus der großen Zahl an Ladungsgruppen. Das Wasserbindungsvermögen ist beim isoelektrischen Punkt am geringsten, der Tropfsaftverlust am höchsten (Hamm, 1981). Der pH-Wert nach der Schlachtung ist Folge der postmortalen Glycolyse. Wenn diese Prozesse durch Stress vor dem Schlachten (auf dem Transport, im Wartestall) oder eine ungenügende Betäubung und Entblutung gestört werden, kann es zu Mängeln in der Fleischqualität wie PSE (pale, soft, exudative) oder DFD (dark, firm, dry) kommen (Pearce et al., 2011; Binke, 2003). Diese werden im Kapitel 2.3.4 detailliert beschrieben.

2.1.4 Fleischfarbe

Die Farbe des Fleisches spielt für den Verbraucher eine entscheidende Rolle. Er verbindet mit einer roten Fleischfarbe Frische, Schmackhaftigkeit und Zartheit, auch wenn zwischen diesen Parametern kein Zusammenhang bestehen muss. Die Farbe des Fleisches wird überwiegend durch Menge und Reaktionszustand des Muskelfarbstoffes Myoglobin und durch unterschiedliche Faktoren (u.a. Reflexion) bestimmt. Der Muskelfarbstoff Myoglobin ist strukturell und chemisch mit dem Blutfarbstoff Hämoglobin verwandt und enthält wie dieser Eisen (Tikk et al., 2008; Mancini et al., 2005; Potthast, 1986). Hämoglobin ist aber für die Fleischfarbe weniger relevant (Hamm et al., 1980). Die Strukturformel des Häms im Myoglobin-Molekül zeigt die folgende Abbildung 2.3:

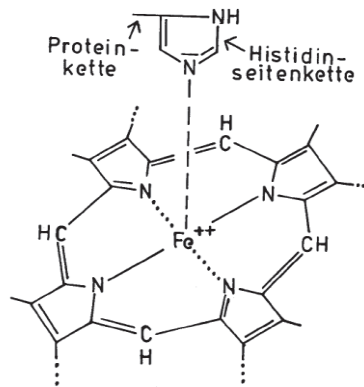


Abbildung 2.3: Häm im Myoglobin-Molekül aus Potthast, 1986

Durch die Fähigkeit des Eisenions im Häm, Sauerstoff zu binden, ist es ein Sauerstoffspeicher für den Muskel. Dabei richtet sich die Speicherkapazität nach dem Gehalt des Myoglobins. Die Muskeln mit einer hohen Speicherkapazität sind in der Regel tiefrot, denn sie enthalten mehr Myoglobin. Darüber hinaus bestimmt der Oxidationsstatus von Myoglobin die Farbe des Fleisches. Wenn am Myoglobin zweiwertiges Eisen angelagert wird, hat das Fleisch eine dunkelrote Farbe. Bei Anlagerung von Sauerstoff entsteht Oximyoglobin, was als kirschrote Färbung wahrgenommen wird. Durch den Sauerstoffentzug nach dem Schlachten wird im Oximyoglobin bei geringem Sauerstoffdruck das Eisen-II- zum Eisen-III-Ion oxidiert und Metmyoglobin gebildet. Metmyoglobin ist grau-braun und kann keinen Sauerstoff mehr anlagern. So können innerhalb eines Schlachttierkörpers unterschiedliche Fleischfarben vorliegen, je nachdem, wie stark der Muskel beansprucht wurde (Honikel, 2007; Potthast, 1986).

Mancini et al. (2005), fassen in ihrem Review die Einflussfaktoren auf die Fleischfarbe zusammen. So spielen die Genetik, die Fütterung (Eisengehalt), das glykolytische Potential sowie die Behandlung vor dem Schlachten eine große Rolle. Wird die Fütterung der Tiere Eisenarm gehalten, so ist das Fleisch nach dem Schlachten blasser, als das von Tieren mit Eisenreicher Fütterung (Honikel, 2007; von Lengerken et al., 2007). In einem Versuch von Tikk et al. (2008), wurde der Effekt einer Stärkearmen Fütterung, das Schlachtgewicht und die darauffolgende Reifezeit auf die Farbe des Fleisches und das Farbhaltungsvermögen untersucht. Dabei zeigte sich, dass das Fütterungsregime, das Schlachtgewicht und die Reifung des Fleisches einen Einfluss auf die Farbe haben. Das beste Farbhaltungsvermögen zeigte das Fleisch von Schweinen, die mit der Stärkearmen Fütterung versorgt wurden.

Brewer et al. (2002), untersuchten den Einfluss der Genetik auf die Farbe des Koteletts. Dabei hatten die Koteletts der Rassen Pietrain-NN (homozygot stressstabil) und Hampshire RN+ (Rendement Napole positiv) den höchsten a*-Wert, während die Koteletts der Rassen Duroc, Pietrain-NP (heterozygot stressstabil) und Hampshire-RN⁻ (Rendement Napole negativ) den niedrigsten hatten. Edwards et al. (2003), untersuchte die Nachkommen der

Rassen Duroc und Pietrain. Dabei fand sich ein höherer pH₂₄-Wert (5,53 vs. 5,48; $p < 0,001$) und Minolta a^* -Wert (17,33 vs. 17,04; $p < 0,05$) bei den Koteletts der Duroc-Nachkommen. Es gab keine Unterschiede zwischen Minolta L^* (54,77 vs. 55,37) oder b^* (7,58 vs. 7,58). Die Fleischfarbe ist negativ vom Vorkommen des Halothan-Gens beeinflusst (Channon et al., 2000; Fisher et al., 2000). Auf diesen Aspekt wird im Kapitel 2.5 detailliert eingegangen.

2.1.5 Fettgehalt

Das Fettgewebe besteht aus Fettzellen (Adipozyten), welche mit Lipiden gefüllt und mit einem Netz aus Bindegewebsfasern ummantelt sind. Die Adipozyten liegen im Perimysium (Gondret et al., 2005b). Die Lipide werden aufgrund ihres chemischen Aufbaus in Neutralfette und lipide Verbindungen aufgeteilt. Das gespeicherte Fett besteht meist aus Triglyzeriden (Neutralfetten). Dabei haben die verschiedenen Muskeln unterschiedliche Fettgehalte, welches die nachstehende Tabelle 2.3 zeigt.

Tabelle 2.3: Muskelspezifische Fettgehalte (%) bei Mastschweinen (n=90, verschiedene Rassen) (verändert nach Fischer, 1994)

Muskel	Teilstück	Mittelwert in %
M. psoas major	Filet	1,22
M. triceps br. (c.long)	Bug	1,79
M. longissimus dorsi (5. LW)	Kotelett	1,85
M. longissimus dorsi (8. BW)	Kotelett	1,98
M. longissimus dorsi (15. BW)	Kotelett	1,33
M. spinalis	Kotelett	2,55
M. trapezius	Kamm	5,77
M. semispinalis cap.	Kamm	7,02

Dabei ist die Fettverteilung innerhalb eines Muskels nicht homogen, im M. longissimus sind z.B. in der Mitte sind die geringsten Werte zu finden, Richtung Nacken und Lende nehmen die Werte zu (Heylen, 1999; von Lengerken, 2007).

Schweine haben relativ zum Rind einen hohen Anteil an mehrfach-ungesättigten Fettsäuren (PUFA) im Fettgewebe und im Muskel (Wood et al., 2008). Die Fettsäuren stammen beim Schwein als Monogaster sowohl aus der Nahrung als auch der endogenen Synthese (Wicke et al., 2007; Potthast, 1981). Dass die Futterfettzusammensetzung einen Einfluss auf die Zusammensetzung des Körperfetts hat, belegen verschiedene Studien (Teye et al., 2006; Kratz, 2003; Bee et al., 2002; van Laack et al. 1999). Der relativ hohe Gehalt an Linolsäure

(18:2n-6) stammt vollständig aus dem Futter. Sie passiert unverändert den Magen und wird über den Blutkreislauf in den Dünndarm und von dort in das Gewebe aufgenommen.

Ebenfalls beeinflussen die genetische Veranlagung und das Alter (Olivares et al., 2009; Wood et al., 2004) sowie das Geschlecht die Fettsäurezusammensetzung. Generell gilt, dass mit sinkendem Fettgehalt des Schlachtkörpers eine Verschiebung des Fettsäuremusters in Richtung PUFA stattfindet. Entsprechend haben intakte Eber einen höheren Anteil an PUFA in subkutanem Fettgewebe (Wood et al., 1989).

Da der Fettgehalt der Tiere und im Fleisch während der Entwicklung bis zum Schlachtag steigt, verändert sich auch das Fettsäuremuster. In der nachstehenden Tabelle 2.4 sind die Fettsäurezusammensetzung der Lipide in Fettgewebe und Muskel gegenübergestellt. Die Lipide des Muskels weisen einen höheren Anteil von PUFA und entsprechend geringeren Anteil von SFA (gesättigte Fettsäuren) und MUFA (monogesättigte Fettsäuren) auf.

Tabelle 2.4: Fettsäurezusammensetzung (g/100g Fettsäure) im Fettgewebe und in den Muskellipiden im Kotelett (verändert nach Enser et al., 1996)

Fettsäure	Fettgewebe	Muskellipide
14:0	1.6	1.3
16:0	23.9	23.2
16:1	2.4	2.7
18:0	12.8	12.2
18:1	35.8	32.8
18:2n-6	14.3	14.2
18:3n-3	1.4	0.95
20:4n-6	0.2	2.21

n=Omega

2.1.6 Kollagengehalt

Die Muskelfasern sind in kollagenreiches Bindegewebe eingebettet und von Bindegewebescheiden in funktionelle Einheiten unterteilt. Die Muskelfasern werden so vom Endomysium umgeben, wohingegen die Faserbündel vom Perimysium, in dem auch die Adipozyten liegen, abgetrennt. Das Epimysium umgibt den gesamten Muskel (Lepetit, 2007; Gondret et al., 2005b; Arneth, 1986).

Das Kollagen ist das Hauptprotein im Bindegewebe und bewahrt die Muskelfaser vor Überstreckung (Gondret et al., 2005b). Kollagen kann sich aus vielen verschiedenen Proteinen zusammensetzen, die dann spezifische funktionelle Eigenschaften des Kollagens bedingen. Dabei unterscheiden sie sich in ihrer Struktur, wobei sie in zwei Gruppen, in das

fibrilläre Kollagen und nicht-fibrilläre Kollagen, eingeteilt werden können. Fibrilläres Kollagen Typ V kommt nur im Endomysium vor, die Typen I und III liegen hingegen in allen drei Bindegewebsschichten des Muskels vor. Fibrilläres Kollagen weist typischerweise eine Tripelhelix-Struktur auf, die Elastizität ermöglicht. Das Perimysium ist quantitativ die bedeutenste Bindegewebsfraktion im Muskel. Sein Gehalt variiert von Muskel zu Muskel viel stärker, als der des Endomysiums (Lepetit, 2008; Gondret et al., 2005b).

Die Tripelhelix-Struktur des Kollagens wird durch die Ausbildung von kovalenten Cross-links stabilisiert. Bei jüngeren Tieren sind diese Cross-links löslich. Die Ausbildung von weniger löslichen Cross-links nimmt mit zunehmendem Alter zu. Das Endresultat im Muskel sind säure-stabile Kollagen Cross-links, die aus Hydroxylsypyrindoline bestehen (Gondret et al., 2005b), so dass das Fleisch mit dem Alter zäher wird. Smith et al. (1991) fanden einen positiven Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Hydroxylsypyrindoline-Cross-links und der Zähigkeit von Rindfleisch. Schweine haben weniger Bindegewebe als das Rind, so dass dies für die Fleischqualität beim Schwein weniger bedeutsam ist, als beim Rind. Ebenso werden sie generell jung geschlachtet und weisen somit ein relativ homogenes Endalter auf.

2.2 Qualitätskriterien aus Sicht des Verbrauchers: Bestimmung des Genusswertes

2.2.1 Zartheit

Die Zartheit ist das wichtigste sensorische Merkmal beim Verzehr von Fleisch (Branscheid et al., 2007; Miller et al., 2001). Sie definiert sich bei Hecht (1986) wie folgt: „Zartes Fleisch ist beim Kauen angenehm weich, mürbe oder locker, man hat das Gefühl, dass das Fleisch einem auf der Zunge zergeht oder zerfällt“. Dabei ist die Zähigkeit des Fleisches durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dazu gehören das intramuskuläre Fett, die Länge der Sarkomere sowie der Gehalt an intramuskulärem Bindegewebe (Kemp et al., 2010). Die endgültige Zartheit hängt vom Veränderungsgrad der Muskelstruktur und den verbundenen Proteinen ab und kennzeichnet sich durch die endogenen proteolytischen Enzyme (Hopkins et al., 2002; Sentandreu et al., 2002).

Im Kapitel 2.1.5 wurde die Bedeutung der Cross-links für die Kollagenstabilität dargestellt. Die zunächst löslichen Cross-links werden aber mit zunehmendem Alter unlöslich und bedingen kausal, dass das Fleisch mit steigendem Alter zäher wird (Gondret et al., 2005b). Das Bindegewebe liegt außerhalb der Muskulatur, weswegen es erst spät durch die lysomalen Proteasen angegriffen wird und somit durch Reifung wenig oder erst nach mehreren Tagen seine Festigkeit auflöst (Honikel, 1986). Mit dem Abbau der ATP-Reserven im Muskel nach dem Schlachten werden stabile Actomyosin-Komplex aus den dünnen und dicken Filamenten gebildet, der rigor mortis tritt ein und die Festigkeit ist maximal (Hecht, 1986).

Wenn ein Schlachtkörper p.m. zu rasch gekühlt wird, kommt es zusätzlich zur Kälteverkürzung (cold-shortening) da ab 15°C der Rücktransport der Ca-Ionen in das SR zum Erliegen kommt (Fischer, 1981). Die Filamente schieben sich dann maximal ineinander, da hohe Ca-Konzentrationen vorliegen, während noch ATP vorhanden ist, so dass die Sarkomere und damit der Muskel maximal verkürzt werden. Wenn nun der rigor mortis eintritt, kommt es zu einer höheren Zahl an Actomyosinwechselwirkungen. Dadurch liegen mehr Quervernetzungen vor, das Fleisch ist zäher.

Bei der Reifung von Fleisch laufen verschiedene Vorgänge im Muskelgewebe ab, die energiereichen Verbindungen werden p.m. verbraucht, der pH-Wert sinkt ab. Dabei werden Proteasen (u.a. Kathepsine, Calpaine) freigesetzt, welche eine Auflockerung des Muskelgewebes bewirken (Hecht, 1986). Das Calpain-System hat einen Einfluss auf die p.m. ablaufende Proteolyse und der Calpain-spezifische Inhibitor Calpastatin hat eine wichtige Rolle für die Zartheit und kann bei bestimmten Spezies als Marker für die Fleischqualität verwendet werden (Delgado et al., 2001). Es gibt weitere proteolytische Systeme, wie Caspase, die ebenfalls zu der p.m. ablaufenden Proteolyse beisteuern (Kemp et al., 2010). Die Zartheit lässt sich mit der Scherkraft-Messung charakterisieren, dies wird in Kapitel 2.4.1 näher erläutert.

2.2.2 Saftigkeit

Die Saftigkeit des Fleisches wird sowohl über das Wasserbindungsvermögen als auch den Anteil an intramuskulärem Fett maßgeblich bestimmt (Jelenikova et al., 2008; Venatanas et al., 2007). Der Einfluss der Muskelfasermuskelzusammensetzung auf die Saftigkeit wurde postuliert. So besteht eine positive Korrelation zwischen der sensorischen Bewertung der Saftigkeit und dem Anteil an Muskelfasern des Typs I, da die Typ-I-Fasern einen höheren Lipidanteil aufweisen. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen Fleischqualität und Muskelfasertypen wenig erforscht und es ist schwierig dies zu generalisieren, da auch Wasserbindungsvermögen, Faserquerschnitt und Kollagenanteil zwischen den Fasertypen variieren (Taylor, 2004). Allerdings ist gesichert, dass Fleisch mit der Fehlreifung PSE eine geringere Saftigkeit aufweist. Muskeln mit einem hohen Anteil an Typ-IIb-Fasern neigen eher zur Ausbildung dieser Fehlreifung, so dass hier Beziehungen bestehen (Branscheid et al., 2007a).

Bei der sensorischen Prüfung ist es schwierig, die Bewertung der Saftigkeit von der Bewertung des Aromas und der Zartheit zu trennen. Begründet ist dies dadurch, dass die Aromastoffe in den festen und flüssigen Bestandteilen des Gewebes zu finden sind (Blumer, 1963). Ein großer Einfluss des IMF auf die Saftigkeit ergibt sich dadurch, dass sich das geschmolzene Fett beim Garen entlang des perimysialen Bindegewebes verteilt und somit der Feuchtigkeitsverlust im Muskel verhindert wird (Judge et al., 1989).

2.2.3 Aroma und Aromastoffe

Für die Geschmacksempfindung des Menschen sind Geschmacksknospen auf der Zunge verantwortlich. Dabei können fünf Geschmacksrichtungen unterschieden werden: süß, salzig, bitter, sauer und umami. Für die chemische Untersuchung werden Gaschromatographen eingesetzt. Die Geruchsstoffe werden aufgetrennt und nach einer bestimmten Zeit durch Detektoren oder die menschliche Nase „erschnüffelt“. Nach Begg et al., 2004, hat man bis zu 1000 Komponenten entdeckt, die sich im Fleisch bei Erhitzung freisetzen bzw. bilden. Das typische Schweinefleischaroma entsteht hauptsächlich durch das Fettgewebe (Myers et al., 2009). Rohes Fleisch hat wenig Aroma, es lässt sich mit einem blutähnlichen Aroma beschreiben (Miller, 2004). Beim Erhitzen von Muskelfleisch entsteht durch die Reaktion von Zuckern und stickstoffhaltigen Verbindungen, die so genannte Maillard-Reaktion, flüchtige und nicht-flüchtige aromaaktive Stoffe, die so im rohen Fleisch nicht zu finden sind. Verschiedene Geschmacksverstärker, wie das Inosinmonophosphat und auch die Milchsäure, geben dem Fleisch ein intensiveres Aroma. Fette sind ein wichtiger Aromastoff und gleichzeitig die Geschmacksträger, die in Form von Triglyceriden oder Phospholipiden gebunden vorliegen. Wichtig sind dabei die Konzentrationen, in denen die Aromastoffe vorliegen. Wenn die Konzentration zu hoch ist, ist ein unangenehmes Aroma möglich (Shahidi et al., 2004).

Es bestehen zahlreiche prä- und postmortale Einflüsse auf das Fleischaroma. Neben der Tierart beeinflussen die Rasse, das Alter, das Geschlecht und die Fütterung sowie die Behandlung der Tiere vor dem Schlachten das Aroma. Geschlechtseinflüsse sind z.B. insbesondere beim Schwein bedeutsam. Die drei Komponenten Androstenon, Skatol und Indol, die hauptsächlich im Fett vorliegen, sind für den sogenannten Ebergeruch im Fleisch verantwortlich. Dabei ist Androstenon ein Steroid, das urinartig riecht. Skatol und Indol sind Abbauprodukte von Tryptophan, die fäkalartig riechen (Bonneau et al., 2004). Wenn die Tiere vor der Schlachtung gestresst werden, entsteht DFD-Fleisch mit einem relativ hohen pH-Wert. Dieser führt dazu, dass der Geschmacksverstärker Inosinmonophosphat verstärkt abgebaut wird und dadurch das bittere Hypoxanthin entsteht (Begg et al., 2004).

Post mortem sind die Temperaturbedingungen und Zeitdauer der Reifung sowie die Zubereitung (Kochen, Braten, Grillen) bedeutsam für das Aroma. Neben der FS-Zusammensetzung und der Vitamin E-Versorgung beeinflusst so die Lagerdauer die Ranzigkeit von ungekochtem Fleisch. Ebenso negativ ist der Geschmack von aufgewärmtem Fleisch. Dieser „warmed over flavour“ stammt aus der Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, wie Linolensäure (18:2n-6) und α -Linolensäure (18:3n-3) aus denen Aldehyde, wie Pentanal, Hexanal und (E,E)-2,4-Decadienal entstehen (Begg et al., 2004, Kanner, 1994).

2.3 Kriterien zur Beurteilung der Fleischreifung und des Wasserbindungsvermögens im Rahmen der praktischen Qualitätskontrolle

2.3.1 pH-Wert

Nachdem ein Tier geschlachtet wurde, wird der Blutkreislauf unterbrochen und der Muskel bekommt keinen Sauerstoff mehr. Dadurch besteht nur noch die Möglichkeit des anaeroben Abbaus von Glykogen zu Milchsäure (Pearson et al., 1989). Milchsäure ist ein Abbauprodukt des anaeroben Stoffwechsels und wird in den Muskeln gebildet. Wenn sich die Milchsäure anreichert, sinkt der pH-Wert des Muskels von ca. 7,2 im lebenden Gewebe auf ca. 5,6 innerhalb 24 h ab (Lawrie, 1985). Dabei spielt die Temperatur im Muskel (sowie in den Kühlräumen) eine wichtige Rolle bei der pH-Wert-Absenkung (Frisby et al., 2005; Rees et al., 2003; Huff-Lonergan et al., 2001). Die nachstehende Abbildung 2.4 zeigt den normalen pH-Wert-Abfall, den Temperaturverlauf im Muskel sowie die Umgebungstemperatur.

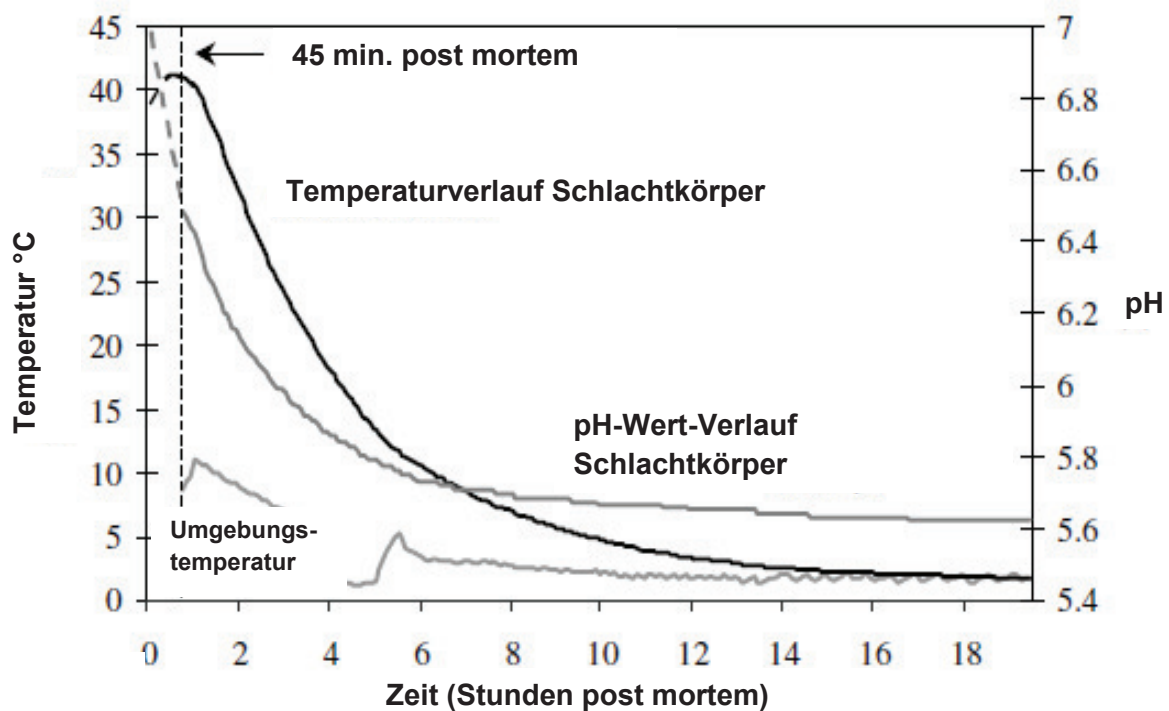


Abbildung 2.4: Temperatur- und pH-Wertverlauf eines normalen Schlachtkörpers (verändert nach Frisby et al., 2005)

Wenn nicht mehr genug Energiereserven vorhanden sind, kann der pH-Wert nicht normal absinken, es kommt zu Mängeln in der Fleischbeschaffenheit (s. Kapitel 2.3.5). Der pH-Wert beeinflusst die Farbe, Haltbarkeit, Geschmack und Zartheit sowie das Wasserbindungsvermögen (Moeller et al., 2010; Holmer, 2009; Eckert et al., 2001).

2.3.2 Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit (σ) ist der Reziprokwert des spezifischen elektrischen Widerstands und gibt damit die Fähigkeit eines Stoffes an, elektrischen Strom zu leiten. Durch das Anlegen eines elektrischen Potentials wird die elektrische Leitfähigkeit im Muskel bestimmt. Die Maßeinheit der Leitfähigkeit ist mS/cm (Schwägele, 1992).

Nach Honikel (2007), ist die Leitfähigkeit in einem intakten und lebenden Muskel sehr gering, da der Ionenfluss durch die Zellmembran verhindert wird. Dies bedeutet, dass intra- und interzelluläre Flüssigkeiten durch eine Membran voneinander getrennt vorliegen. Durch den Eintritt des Todes und den damit einhergehenden pH-Wert-Abfall sowie den frühen postmortalen Temperaturanstieg im Muskel, kommt es zur partiellen Zerstörung der Zellmembrane. Je nach Gegebenheiten im Muskel, kann dieser Vorgang unterschiedlich schnell ablaufen. Sobald die Zellmembrane geschädigt sind und für Ionen durchlässig werden, nimmt die Leitfähigkeit zu. Die Membranschädigungen sind bei der Fehreifung PSE stärker ausgeprägt und tragen zum Tropfsaftverlust bei. Die Messung der Leitfähigkeit ist jedoch erst ca. 1,5 bis 48 h p.m. für die Identifikation von PSE-Fehleureifungen aussagekräftig, da erst danach signifikante Unterschiede in der Schädigung der Zellmembranen von PSE-Fleisch und normalem Fleisch besteht, wie in verschiedenen Studien belegt werden konnte (Honikel, 1993; Schwägele, 1993; s. Kapitel 2.3.4).

2.3.3 Tropfsaftverlust

Der Tropfsaftverlust ist die Konsequenz aus einem mangelnden Wasserbindungsvermögen und der postmortalen Membranschädigung (s. Kapitel 2.1.3 und 2.3.2). Für die Fleischproduktion spielt der Tropfsaftverlust wirtschaftlich eine große Rolle, da hierdurch ein großer Wertverlust stattfindet.

Zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes sind zwei unterschiedliche methodische Ansätze geeignet: Die Messung ohne Anwendung von äußerem Zwang und die Messung unter Anwendung eines mechanischen Zwangs. Die Messungen aus der ersten Gruppe sind relativ zeitaufwendig. Sie messen die freigesetzte Menge an Wasser aus einem definierten Stück Fleisch. Mit den Messungen unter Anwendung eines mechanischen Zwangs können schnellere Ergebnisse erzielt werden. Hier tritt normalerweise mehr Wasser aus, als bei der Methode ohne Anwendung von äußerem Zwang, da der Druck auch das Wasser aus den Zellen zum Austritt bringt (Honikel, 1987). Dabei werden von verschiedenen Autoren ähnliche Methoden mit und ohne Anwendung von äußerem Zwang oder Messungen nach Erhitzen genannt. Die Anwendung mechanischer Kräfte, Nutzung des Lagerverlustes, Ausnutzung osmotischer Kräfte oder die Anwendung von Wärme lässt sich ebenfalls in der Literatur finden. Dabei bleibt zu beachten, dass jede Stufe in der Lebensmittelkette unterschiedliche Methoden bevorzugt. Für die Schlacht- und Zerlegebranche sind die

Methoden zur Tropfsaftbestimmung am frischen Fleisch wichtig. Die Verbraucher interessieren sich dabei mehr für den Saftverlust in der Verpackung und ganz besonders beim Erhitzen (Honikel, 1987; Pfeiffer et al., 1984).

Bei normaler Reifung von Schweinefleisch sind Tropfsaftverluste unter 5% nach der Bag-Methode normal, bei über 5% muss von einer Fehlreifung ausgegangen werden (Kirchheim et al., 2001).

2.3.4 Mängel in der Fleischqualität

PSE (pale, soft, exudative) und DFD (dark, firm, dry) sind die extremen Abweichungen von der erwünschten Fleischqualität. Das Auftreten von PSE-Fleisch ist eines der größten Fleischqualitätsprobleme bei Schweinefleisch (Ramirez et al., 2007). PSE steht dabei für pale, soft, exudative, übersetzt bedeutet dies eine blasse Farbe (hellrot bis weiß), ein schlechtes Wasserbindungsvermögen und eine reduzierte Schmackhaftigkeit. In einer Studie von Laube et al., 2000, wurden, unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, an deutschen Herkünften PSE-Häufigkeiten zwischen 1,4 und 21,8% ermittelt.

Für die Beurteilung des PSE-Status gibt es mehrere Hilfskriterien wie Messungen von pH 1h p.m., der spätpostmortalen Farbe oder die Erfassung von Tropfsaft-, Grill- und Kochverlusten (Damez et al., 2008; Ramirez et al., 2007; Honikel et al., 2007; Fischer et al., 2000). Dabei liegt der pH-Wert 45 min. p.m. unter 5,8 (Ramirez et al., 2007; Fischer, 2005). Andere wichtige Kriterien werden in Tab. 2.5 zusammengefasst. Die Gründe für die Entstehung von PSE-Fleisch liegen im Verlauf der postmortalen Glycolyse. Endogene und exogene Einflüsse darauf werden im Kapitel 2.5 ausführlich dargestellt.

DFD steht für dark, firm und dry, übersetzt bedeutet dies dunkel, fest und trocken. Es zeichnet sich durch seine dunkle Farbe, seinen faden Geschmack und seine „Leimigkeit“ aus (Schwägele, 1998). DFD-Fleisch entsteht bei Tieren, die vor dem Schlachten zu geringe Glycogenvorräte im Muskel aufweisen. Ursächlich sind hierfür erheblicher anhaltender Stress oder Unterernährung. Durch die Wirkung von Stresshormonen und körperliche Belastung sowie den für die Schlachtung gewünschten Nüchternungszustand, kann es in der Muskulatur eine Glykogenverarmung kommen. Hierdurch kann der pH-Wert p.m. nur mangelhaft absinken, was zu einer geschlossenen Struktur im Muskel mit hoher Wasserbindung und der für DFD-Fleisch typischen dunklen Farbe führt. Für die Bestimmung von DFD-Fleisch kann der pH-Wert ca. 18-24 h p.m. herangezogen werden. Wenn hier der Wert über 6,2 liegt, ist DFD-Fleisch vorhanden (Honikel, 2007). Die Leitfähigkeit eignet sich für die Bestimmung von DFD-Fleisch aufgrund der Integrität der Zellmembranen zwischen DFD-Fleisch und normalem Fleisch nicht. DFD-Fleisch spielt insbesondere bei Rindfleisch eine Rolle, allerdings kann es auch innerhalb eines Schweineschlachtkörpers mit PSE im M.I.dorsi zu DFD in der Schinkenmuskulatur kommen (Schwägele, 1998).

Ein weiterer Mangel in der Fleischqualität ist die sogenannte Acid Meat Condition, auch als Rendement Napole (RN), Napole-Gen oder Hampshire-Effekt bekannt. Tiere der Rasse Hampshire besitzen häufig eine spezifische Mutation der AMP-abhängigen Kinase. Hierdurch kommt es zur verstärkten Glycogeneinlagerung in den Muskeln. So dass ein sehr hohes glykolytisches Potential vorliegt, welches zu einem langsamen, aber stetigen pH-Wert-Abfall mit sehr niedrigem End-pH-Wert führt. Das Fleisch hat somit eine höhere Säurebildung und ein geringes Wasserbindungsvermögen (Milan et al., 2000; Monin et al., 1985).

Die nachstehende Tabelle 2.5 zeigt die Einteilung von Grenzwerten für pH- und Leitfähigkeitswerte für PSE- und DFD sowie für Acid Meat Condition-Verdacht:

Tabelle 2.5: Mögliche Grenzwerte von pH-Wert und Leitfähigkeit zur Einschätzung der Fleischqualität (nach Honikel, 2007)

Methode	Zeit (p.m.)	Normal	PSE-Verdacht	DFD-Verdacht	Acid Meat condition-Verdacht
Lokalisation		Kotelett/Schinken	Kotelett/Schinken	Schinken	Schinken
pH-Wert	45 min.	> 5,8	< 5,8	-	-
pH-Wert	24 h	< 5,8	-	> 6,2	< 5,4
Leitfähigkeit (mS/cm)	24 h	< 5,0	> 8,0	-	-

2.4 Kriterien zur Beurteilung der Fleischqualität aus Sicht der Verbraucher

Für den Verbraucher sind bei der Beurteilung der Fleischqualität die Zartheit, die Geschmackintensität und die Saftigkeit nach der Zubereitung von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig erkennt er Fleisch als wichtigen Bestandteil seiner Ernährung und für seine Gesunderhaltung an (Moeller et al., 2010; Verbeke et al., 2010). Nachfolgend ist das wesentliche Hilfskriterium zur Objektivierung der Zartheit (Scherkraft-Messung) sowie der intramuskulären Fettgehalt mit seinen Konsequenzen für die sensorischen Eigenschaften dargestellt.

2.4.1 Scherkraft

Grundsätzlich haben im Muskel zwei Proteinstrukturen maßgeblichen Einfluss auf die Festigkeit des Fleisches: das Bindegewebe und die Struktur der Myofibrillen (van Laack et al., 2001; Honikel, 1986). Zur Objektivierung der Festigkeit des Fleisches werden Messungen der Scherkräfte nach Warner-Bratzler durchgeführt. Sie geben die maximale Kraft an, die benötigt wird, um ein nach definierten Bedingungen erhitztes Fleisch zu zerteilen. Daher besteht ein negativer Zusammenhang zwischen Scherwerten und der

Bewertung der Zartheit durch ein sensorisches Panel (Mörlein, 2005; van Laack et al., 2001). Ursprünglich wurde diese Methode für die Messung der Zartheit von Rindfleisch entwickelt (van Oeckel et al., 1999). Die Scherwerte sinken mit zunehmender Zartheit im Verlauf der Reifung. Zudem finden sich bei einem hohen Anteil an intramuskulärem Fett geringe Scherwerte.

In einer Studie von Moeller et al., 2010, wurde der Zusammenhang zwischen sensorischer Bewertung und dem Scherwert nach Warner-Bratzler (WBS) bei Schweinefleisch untersucht. Die Verbraucherbewertung sinkt erheblich wenn der Scherwert ansteigt. Die nachstehende Abbildung 2.5 zeigt diesen Zusammenhang. Die vorhergesagten Verbraucherbewertungen bezüglich der Zartheit und der Bewertung mit 6 Punkten lag bei über 59,5% wenn der Scherwert bei 14,7N lag. Wenn der Scherwert ansteigt, sinken die Verbraucherbewertung und die vorhergesagten %-Anteile drastisch.

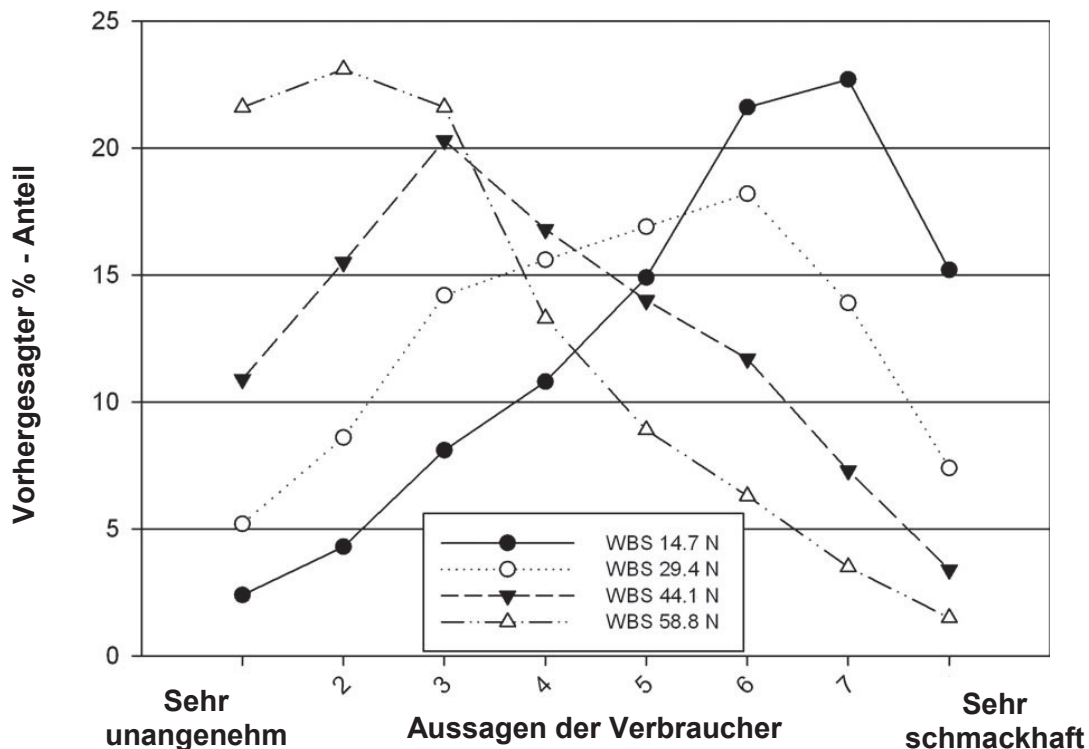


Abbildung 2.5: Aussagen der Verbraucher (%-Anteil) über die Bewertung der Zartheit in Bezug auf die Scherkraft-Messung (N) mittels Warner-Bratzler-Schere (WBS), Teilstück Schweinelende (verändert nach Moeller et al., 2010)

2.4.2 Intramuskulärer Fettgehalt

Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) hat einen wichtigen Einfluss auf die sensorische Bewertung von Fleisch (Eggert et al., 2002). Die Beziehung zwischen IMF und der Bewertung stellt sich nur in einem Teil der Studien als lineare Beziehung dar, während in anderen eher ein Schwellenwert-Phänomen nachweisbar ist (Brewer et al., 2002; Fernandez et al., 1999). Bei einem IMF-Gehalt 1,5-3,5% besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Sensorik und dem intramuskulären Fettgehalt (Fernandez et al., 1999). In einer Studie von Bejerholm und Barton-Gade (1986), wird ein optimaler Intramuskulärer Fettgehalt von 2,5-3,0% für einen guten Geschmack empfohlen. Wenn der IMF-Gehalt geringer ist, hat es einen negativen Einfluss auf die Parameter Saftigkeit, Aroma, Geschmack und Zartheit (Ramirez et al., 2007). In anderen Studien, bei denen Schweinefleisch mit einem weiten IMF-Gehalt von 1-8% hinsichtlich der Bewertung durch den Verbraucher untersucht wurde, konnte wiederum festgestellt werden, dass der IMF-Gehalt keinen signifikanten Einfluss auf die Bewertung der Verbraucher hinsichtlich Zartheit oder Saftigkeit hat (Moeller et al., 2010; Rincker et al., 2008). Die Tabelle 2.6 veranschaulicht die verschiedenen Beziehungen zwischen der sensorischen Prüfung und des IMF-Gehaltes.

Tabelle 2.6: Literaturstudie über Korrelationen ($r=x$) zwischen IMF-Gehalt (%) im M. longissimus und Parametern der Sensorik des Fleisches (nach Link, 2007, aktualisiert)

Autor	Zartheit	Saftigkeit	Aroma	Geschmack	Scherkraft
Kauffmann et al., 1963	0,44*	0,70*	0,38*		-0,35*
Hiner et al., 1964	0,45	0,46	0,10		-0,29
Skelley et al., 1973	0,06	-0,10	-0,09	-0,04	0,08
Greshake, 1988	0,22	0,24		0,25	
Brenner et al., 1988	0,26	0,10	0,02		
Stumpe et al., 1990	0,33*	0,25*		0,25*	-0,32*
Brenner et al., 1991	0,24	0,04	0,04		-0,13*
Lo et al., 1992	0,53	0,24	0,63	0,68	
Glodek et al., 1993	0,23*	0,21*		0,15*	
Schepers et al., 1990	0,33*	0,25*		0,25*	-0,32*
Steinberg et al., 1996	0,33*	0,15	0,32*		
Enfält et al., 1997	0,64*	0,29		0,49*	- 0,68*
Candek-Potokar et al., 1998	0,18		0,15		
Heylen, 1999	0,04 – 0,55	0,08 – 0,47	0,05 – 0,41	0 – 0,47	- 0,07 – -0,36
Blanchard et al., 2000	0,07	0,05	0,05		-0,19*
Huff –Lonergan et al., 2002	0,19*	0,05	0,23*		-0,14*
Channon et al., 2004	0,05	0,25	0,31*		-0,16*
Fortin et al., 2005	0,32*	0,17	0,24*		-0,41*
Mörlein, 2005	0,32*	0,08	0,21*		-0,51*

Signifikanz der Koeffizienten ist ausgewiesen (*), sofern dies aus der zitierten Veröffentlichung zu entnehmen ist.

Auch wenn der Genusswert durch den IMF tendenziell positiv beeinflusst ist, sind die Verbrauchereinstellungen zum Fettgehalt kritisch: Bei Untersuchungen in den USA und Australien wurde festgestellt, dass der Verbraucher gering marmorierte Koteletts im Vergleich zu stark marmorierten Koteletts bevorzugt. Der australische Verbraucher verknüpft negative Ernährungsphysiologische Eigenschaften von Schweinefleisch mit sichtbarem Fett im Anschnitt (Channon et al., 2004). Daraus folgt, dass der Verbraucher beim Kauf mehr auf die Marmorierung des Fleisches als auf seine Farbe achtet und hierdurch indirekt Fleisch mit niedrigerem Genusswert bei der Kaufentscheidung bevorzugt (Resurreccion, 2004; Brewer et al., 1999).

2.4.3 Sensorische Tests

Der Verbraucher wird nur Produkte wiederholt kaufen, wenn ihm dessen Aussehen, Geschmack, Geruch und Textur gefallen hat. Somit hängt der dauerhafte Erfolg eines Produktes am Markt sehr stark von seinen sensorischen Eigenschaften ab (Hildebrandt, 2008; Stone et al., 1993). Eine optimale Sensorik lässt sich aber nicht an einem Merkmal festmachen (Dikeman, 2007). Für die Bewertung der Sensorik von Frischfleisch – sowohl vor als nach der Zubereitung – ist ein Bewertungsschema mit vier Kategorien am sinnvollsten: Saftigkeit, Zartheit, Aroma/Geschmack und Gesamteindruck. Dieses Schema wird von der DLG verwendet und in einem 6-Punkte-System bewertet, dabei steht 0 für die schlechteste Bewertung und 5 für die beste (Hildebrandt et al., 2009). Die vier Merkmale werden im Parameter Sensorik Gesamt zusammengefasst. Die für die Prüfungen definierte Personengruppe (das Prüferpanel) sollte geschult sein, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Diese Schulung ist extrem aufwändig und hat dennoch keine sehr hohe Zuverlässigkeit. Wichtig zu beachten ist auch die Herstellung des zu prüfenden Produktes. Wenn das Schweinefleisch zunächst aufgetaut und dann gebraten wird, sind Prozesseinflüsse hierbei nicht auszuschließen und dementsprechend zu beachten (Hildebrandt, 2008).

2.5 Einflüsse auf die Fleischqualität

Die meisten Fleischqualitätsmerkmale werden von mehreren Genen gesteuert, die dabei auch Umwelteinflüssen unterliegen. Durch züchterischen Einfluss kann die Genetik der Tiere verändert werden. Die physiologischen Einflüsse auf die Fleischqualität hängen eng mit den genetischen Voraussetzungen zusammen, so dass im Folgenden die beiden Parameter zwar nacheinander beschrieben, aber zusammen betrachtet werden sollten.

2.5.1 Einflüsse des Genotyps auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

2.5.1.1 Einflüsse des Genotyps auf die Bemuskellung

Die Rasse ist eine wichtige Bestimmungsgröße für das Muskelbildungsvermögen der Tiere. Zwischen der Fruchtbarkeit und der Bemuskellung bzw. der Fleischqualität und der Bemuskellung bestehen Antagonismen. Um dennoch diese Eigenschaften in einem Zuchtprogramm auszunutzen, werden in Hybridprogrammen mehrere Rassen gekreuzt, um den Heretosisseffekt und komplementäre Populationsdifferenzen zu nutzen (Glodek, 1992). Dabei werden Rassen mit hoher Fleischqualität und guter Fruchtbarkeit, wie z.B. Large White oder Deutsche Landrasse, als Mutterlinien eingesetzt. Andere Rassen, wie z.B. Pietrain, werden auf großes Muskelbildungsvermögen gezüchtet. Bei diesen Tieren können vermehrt Fleischqualitätsmängel auftreten, die durch einen genetischen Defekt begründet sind (von Lengerken et al., 2007). Der genetische Defekt, der insbesondere bei der Rasse

Pietrain bedeutsam ist, ist das Maligne-Hyperthermie-Syndrom (MHS). Dieses Merkmal wird autosomal rezessiv vererbt. Fujii et al. (1991) zeigten, dass eine Punktmutation des Ryanodinrezeptors der Auslöser ist. Hierdurch ist die Ca^{++} -Regulation in den Muskelfaser gestört, was zu einer erhöhten Stressanfälligkeit der Tiere führen kann. Ebenso wird eher PSE-Fleisch gebildet (Larzul et al., 1997b; Aalhus et al., 1991). Schweine tragen eine der drei Genvarianten NN (stressunempfindlich), NP, PP (stressempfindlich). Die PP-Tiere haben diesen Ryanodin-Rezeptor-Defekt (homozygot). Sie haben auch einen höheren MFA bei höherer Ausschachtung und aufgrund dieses Defekts eine größere Neigung zu PSE-Bildung (Rosenvold et al., 2003; Channon et al., 2000).

Das RN^- -Gen bezeichnet eine Störung der AMP-abhängigen Kinase (Rendement Napole, Rendement bedeutet franz. Ausbeute, Napole ist eine Methode für die Bewertung der Kochschinken-Ausbeute) tritt bei Tieren der Rasse Hampshire auf (s. Kapitel 2.3.5). Hierdurch werden höhere Muskelglykogenreserven angelegt, so dass ein verstärkter pH-Wert-Abfall p.m. entsteht und es aufgrund des niedrigen End-pH-Werts zum Acid Meat kommt. Tiere mit diesem Gendefekt haben häufig gut bemuskelte magere Schlachtkörper, durch den niedrigen End-pH-Wert ist jedoch die Eignung für die Verarbeitung eingeschränkt (Barnes et al., 2004, Winder, 2001; Milan et al., 2000; Naveau, 1986).

2.5.1.2 Einflüsse des Genotyps auf die Muskelfaserzahl und Muskelfaserzusammensetzung

Die Muskelfaserzahl bzw. die Muskelfaserzusammensetzung ist zum Teil genetisch bedingt, kann aber insbesondere durch die pränatale Entwicklung modifiziert werden (Rehfeldt et al., 2000). Züchterisch bearbeitete Hausschweine haben im Vergleich zum Wildschwein größere Faserdurchmesser und einen höheren Anteil weißer Fasern (Weiler et al., 1995). Je mehr Muskelfasern des Typs I vorhanden sind, desto dunkler ist die Fleischfarbe. Es bestehen Korrelationen zwischen Typ-I und der Saftigkeit und dem Geschmack, Typ-IIb sind negativ korreliert mit der Scherkraft und der Zartheit (Nam et al., 2009; Taylor, 2004). Schweine der Rasse Duroc haben mehr oxidative Muskelfasern, Landrasse-Schweine haben einen höheren Anteil an glykolytischen Fasern (Gil et al., 2008). Wenn auf einen höheren Anteil an slow-twitch-Fasern (Typ-I) gezüchtet wird, verkleinert sich der Anteil an Typ-IIb-Fasern (fast-twitch-oxidative), allerdings ohne Effekt auf die Typ-IIa-Fasern (intermediäre Fasern) (Larzul et al., 1997a).

Die nachstehende Tabelle 2.7 zeigt die Muskelfaserzahl sowie den Muskelfaserdurchmesser von verschiedenen Schweinerassen.

Tabelle 2.7: Muskelfaserzahl und -durchmesser (LS-means, $\pm$ SD) im M. longissimus dorsi von verschiedenen Schweinerassen (nach Rehfeldt et al., 2000)

Schweinerasse	Muskelfaserzahl ($\times 10^6$)	Muskelfaserdurchmesser (μm)
Deutsche Landrasse (694)	1,041 $\pm 0,280$	68,9 $\pm 9,5$
Deutsche Large White (137)	1,016 $\pm 0,251$	70,0 $\pm 8,4$
Leicoma (1052)	1,061 $\pm 0,275$	68,6 $\pm 9,4$
Schwerfurter (77)	1,109 $\pm 0,309$	68,9 $\pm 10,7$
Pietrain (26)	1,107 $\pm 0,178$	71,3 $\pm 8,8$
Saddle Back (17)	0,909 $\pm 0,178$	67,1 $\pm 7,8$

2.5.1.3 Einflüsse des Genotyps auf die Fettbildung

Wie schon in Kapitel 2.1.5 angesprochen hat der Genotyp einen Einfluss auf die Fettbildung. Kouba et al., 2011, fassen in ihrem Review die Einflussfaktoren auf den IMF-Gehalt zusammen. Landrasse-Nachkommen sind für ihre starke Fettausprägung im Bereich der Organe bekannt. Ein hoher IMF-Gehalt findet sich bei Duroc-Nachkommen, Pietrain-Nachkommen haben einen geringeren IMF-Gehalt (Matthes et al., 2008; Mörlein et al., 2007; Oliver et al., 1993). Allerdings besteht in der Ausprägung des IMF zwischen den Rassen eine große Variabilität (Laube, 2000). Olivares et al., 2009, zeigten in ihrer Untersuchung mit Duroc- und Landrasse*Large White-Schweinen, dass der IMF-Gehalt sowie das Fettsäureprofil des subkutanen Rückenspecks mit dem Genotyp variiert.

2.5.2 Physiologische Einflüsse auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Nachstehend werden die physiologischen Einflüsse auf die Fleischqualität besprochen. Dabei sind die einzelnen Faktoren immer im Kontext mit den weiteren Parametern sowie den genetischen Einflüssen zu sehen.

2.5.2.1 Einflüsse der Wurfgröße und des Geburtsgewichts auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Das Geburtsgewicht hat, nach Beaulieu et al. (2010) wenig Einfluss auf die Schlachtkörperqualität ($p > 0,05$). Zwar bringen steigende Wurfgrößen verbunden mit sinkendem Geburtsgewicht eine Tendenz zu niedrigen täglichen Zunahmen, die Schlachtkörperqualität ist jedoch nicht signifikant betroffen. Auch bei Berard et al. (2008) finden sich nur wenige Effekte des Geburtsgewichtes auf die Fleischqualität und hat auch hier einen größeren Einfluss auf die Leistungsmerkmale. Diese Aussage muss jedoch dann modifiziert werden, wenn es sich um Ferkel mit intrauteriner Wachstumsverzögerung

(Kümmerer) handelt (Rehfeldt et al., 2008). Bei Einteilung in verschiedene Geburtsgewichtsklassen zeigt sich, dass Schweine mit einem hohen Geburtsgewicht im Vergleich zu Tieren mit einem leichten oder mittlerem Geburtsgewicht generell eine bessere Fleischqualität im Kotelettmuskel aufweisen (Berard et al., 2010; Gondret et al., 2006; Rehfeldt et al., 2006; Gondret et al., 2005a). Hier wurde zusätzlich beobachtet, dass der IMF-Gehalt bei Tieren mit einem geringen Geburtsgewicht höher ist als bei Tieren mit einem hohen Geburtsgewicht (Rehfeldt et al., 2008).

2.5.2.2 Einfluss des Alters der Tiere auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Schweine werden generell jung geschlachtet und haben ein relativ homogenes Schlachtagter. Einige Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen steigendem Schlachtgewicht – und damit höherem Schlachtagter - und Fleischqualität. Bei Fischer et al. (2006) findet sich keine Verschlechterung der Fleischqualität bei steigenden Mastendgewichten. Bei Ellis et al. (1996) und Candek-Potokar et al. (1998) fanden sich eine etwas geringere Zartheit bei zunehmenden Gewichten. Bei Virgili et al. (2003) hatten leichtere und jüngere Schweine einen höheren Tropfsaftverlust ($p < 0,01$), was sich durch die vermehrte Lipideinlagerung bei älteren Schweinen erklären lässt. Allerdings steigt mit zunehmendem Alter auch der IMF-Gehalt, so dass eine verminderte Zartheit aufgrund der Bindegewebeigenschaften durch den steigenden IMF Gehalt kompensiert werden kann.

2.5.2.3 Einfluss des Geschlechts auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Verschiedene Studien zeigen, dass das Geschlecht wenig bis keinen Einfluss auf die Fleischqualität hat (Armero et al., 1999; Oliver et al., 1993). Allerdings zeigen Kastraten eine stärkere Verfettung als Sauen und damit auch einen höheren IMF-Gehalt (Fischer et al., 2006; Channon et al., 2004; Latorre et al., 2003; Laube et al., 2000). Bei Ebern zeigen sich höherer Muskelfleischanteile mit einer abnehmenden Ausschachtung. Ursächlich sind hier die Geschlechtshormone und deren anabole Wirkung zu nennen. Tendenziell haben Eber einen geringeren intramuskulären Fettgehalt sowie eine dunklere Farbe in der Keulenmuskulatur (von Lengerken et al., 2007).

2.5.2.4 Einflüsse vor der Schlachtung auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Schweine sind Monogastrier und viele Fütterungskomponenten werden aus dem Futter in das Muskel- und Fettgewebe eingelagert, so dass die Futterzusammensetzung einen wesentlichen Anteil an der Fleischqualität hat. Die Fütterung hat einen Effekt auf den Fettgehalt und die Fettzusammensetzung im Schlachtkörper. Lefaucheur et al. (2011) fanden heraus, dass aus einem geringen RFI (Residual Feed Intake wird definiert als der Unterschied zwischen der gemessenen und der voraussichtlichen Futteraufnahme basierend auf dem Bedarf für die Erhaltung und Produktion) ein hoher Muskelfleischanteil, wenig intramuskuläres Fett aber auch ein geringeres Wasserbindungsvermögen, ein niedriger pH

sowie eine hellere Farbe resultiert. Schweine mit einer geringen Proteinaufnahme zeigten einen geringen Muskelfleischanteil aber einen höheren Fettanteil im Schlachtkörper, als Schweine mit einer hohen Proteinaufnahme (Ruusunen et al., 2007).

Wenn man Schweine mit unausgewogenen Rationen, wie z.B. relativ zum Energiegehalt des Futters unzureichender Protein- oder Lysin-Gehalt, füttert, resultiert dies zwar in einem langsameren Wachstum und geringerer Bemuskelung der Schlachtkörper, aber dafür auch in einem hohem intramuskulären Fettgehalt und einer verbesserten Zartheit und Saftigkeit (Bee, 2012; Bonneau et al., 2010). Bei restriktiver Fütterung zeigten sich ungünstige Einflüsse auf den Genusswert des Schweinefleisches (Blanchard et al., 1999; Ellis et al., 1996; Channon et al., 1995). Dies erklärt sich mit der Reduzierung des intramuskulären Fettgehalts (Blanchard et al., 1999; Candek-Potokar et al., 1998). Allerdings sind diese Einflüsse nicht in allen Studien nachweisbar (Lebret et al., 2001; Candek-Potokar et al., 1998; Wood et al., 1996). Beim Schwein als Monogaster hat die Rationsgestaltung einen erheblichen Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung, daher wird eine Fütterung von PUFA-reichen Futtermitteln in Qualitätsfleischprogrammen limitiert (Durrer, 2004).

Schweine werden in der Regel vor der Schlachtung genüchtert, um das Risiko einer mikrobiellen Kreuzkontamination zu vermindern. Bei einer Nüchterung von mind. 24h werden die Glykogen-Reserven des Tieres reduziert, was wiederum eine Auswirkung auf den pH₂₄ sowie das Wasserbindungsvermögen sowie die Farbhaltung hat. Dies kann sich in PSE- bzw. DFD-verdächtigem Fleisch zeigen (Wittmann et al., 1994; Fischer et al., 1988). Salmi et al. (2012) analysierten die Auswirkung der Nüchterung sowie der Transport- und Wartezeit auf den Tropfsaftverlust und den pH₂₄. Dabei zeigte sich ein signifikanter positiver Effekt der Nüchterungszeit auf die beiden Fleischqualitätsparameter. Die Wartezeit hatte lediglich einen positiven Effekt auf den pH₂₄. Bei van de Perre et al. (2010) finden sich vier Faktoren vor der Schlachtung die einen Einfluss auf die Fleischqualität haben: der Geräuschpegel während des Abladens, keuchende oder hechelnde Schweine, die Verwendung von elektrischer Betäubung sowie die Jahreszeit. Das Fleisch von Schweinen, die vor der Schlachtung gestresst wurden, zeigte eine geringere Fleischqualität, wie z.B. ein geringeres Wasserbindungsvermögen, eine hellere Farbe und es war weniger schmackhaft, als das Fleisch von Schweinen, mit denen sorgsamer umgegangen wurde. Dies zeigt sich ebenso in den Mängeln der Fleischqualität wie PSE- und DFD-Verdacht (Warriss 1994; Warriss et al., 1994).

2.5.2.5 Einflüsse der Haltungssysteme und der Bewegungsmöglichkeiten auf die Bestimmungsgrößen der Fleischqualität

Einen weiteren Einfluss auf die Leistungsmerkmale haben die Haltungsbedingungen sowie die Bewegungsmöglichkeiten. Lebret et al. (2011) untersuchte den Einfluss verschiedener Haltungssysteme auf die Wachstumsparameter und die Fleischqualität. Die Tiere aus der

alternativen Haltung mit Einstreu und Außenbereich hatten eine höhere Futteraufnahme, eine schnellere Wachstumsrate sowie ein höheres Schlachtgewicht. Dabei zeigten diese Schlachtkörper einen niedrigeren End-pH-Wert, höheren Tropfsaftverlust sowie einen steigenden IMF-Gehalt und einen verbesserten Geschmack im Vergleich zu den Schlachtkörpern aus der konventionellen Haltung auf Spaltenboden. Die Schlachtkörperzusammensetzung war gleich. Abhängig von den Versuchsbedingungen (Umgebungstemperatur, Geschlecht, Besatzdichte) beeinflusst der zusätzliche Platz drinnen oder draußen verglichen mit konventionellen Haltungsbedingungen nicht die Muskelfaserzusammensetzung, die Muskellipide sowie den Kollagengehalt (Gondret et al., 2005b). Mehrere Studien zeigen, dass Schweine die in einem Aussenstall gehalten werden, geringere tägliche Zunahmen und einen mageren Schlachtkörper haben (Enfält et al., 1997; Sather et al., 1997). Einige Forscher zeigten, dass die Tiere aus der Außenhaltung ein geringeres Wasserbindungsvermögen sowie einen höheren Scherwert und einen geringen End-pH-Wert haben (Enfält et al., 1997; Barton-Gade et al., 1989), bei anderen Untersuchungen hatten diese Tiere zu den Tieren, die konventionell gehalten wurden, keinen Unterschied in der Fleischqualität (Sather et al., 1997; van der Wal, 1991).

3. ZIELSETZUNG

Im Rahmen des Zuchtversuches an der LSZ Boxberg, in Zusammenarbeit mit German Genetic/SZV, der Universität Hohenheim, der Ulmer Fleisch GmbH und der Gesellschaft für Lebensmittelsicherheit mbH sollten nachstehende Fragestellungen untersucht werden:

- Welche Genotypen liefern Schweinefleisch mit hohem Genusswert und einem geringen Tropfsaftverlust?
- Welche Parameter bzw. welche Kombination von Parametern sind geeignet, um eine positive Bewertung im Verbrauchertest vorherzusagen?
- Welche Parameter bzw. welche Kombination von Parametern sind geeignet, um den Tropfsaftverlust vorherzubestimmen?
- Welche Grenzwerte erlauben eine Vorhersage eines hohen Genusswertes bzw. eines niedrigen Tropfsaftverlustes?
- Wie stehen die Kriterien der Fruchtbarkeitsleistung, das Geburtsgewicht sowie die Kriterien der Mast- und Schlachtleistung in Beziehung zu den Qualitätskriterien für eine hohe Fleischqualität?

Um die Fragestellungen zu beantworten standen zehn verschiedene Genotypen (Mastendprodukte aus den Kreuzungen aus fünf Mutterlinien und zwei Vaterlinien, jeweils männliche und weibliche Tiere) zur Verfügung. Der Versuchsaufbau war so gestaltet, dass alle Tiere in der LSZ Boxberg geboren und gemästet wurden, 49% der Tiere am Schlachthof in Ulm, 40% der Tiere am Schlachthof in Crailsheim, und 11% der Tiere am Versuchsschlachthaus in Forchheim geschlachtet wurden. Die Tiere, die in Forchheim geschlachtet wurden, durchliefen die Schlachtleistungsprüfung der LSZ Boxberg. Die Tiere die in Ulm geschlachtet wurden, durchliefen ein Qualitätsmonitoring, welches an die Schlachtleistungsprüfung angelehnt ist. In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten, die in der LSZ Boxberg sowie an den Schlachtbetrieben Ulm und Forchheim erhoben wurden ausgewertet. Da am Schlachthof Crailsheim keine weiteren Parameter erhoben wurden, fließen die Schlachtdaten dieser Tiere nicht in die vorliegende Auswertung ein.

Nach Aufarbeitung und Auswertung der erhobenen Daten sollte analysiert werden, ob mögliche Grenzwerte für Parameter, anhand derer ein hoher Genusswert bzw. ein niedriger Tropfsaftverlust vorhergesagt werden können, vorgeschlagen werden können.

4. MATERIAL UND METHODEN

4.1 Charakterisierung der Fruchtbarkeitsparameter der Sauenlinien und Erstellung der Versuchstierpopulation

4.1.1 Verwendete Genotypen zur Erstellung der Versuchstierpopulation

Um die Versuchstiere zu erstellen wurde der gesamte Bestand an Muttersauen der LSZ Boxberg herangezogen. Die Muttersauen waren alle Kreuzungssauen, die entweder aus den Hybridzuchtprogrammen von German Genetic/SZV stammten oder spezifisch für die Untersuchung erstellt wurden. Die nachstehende Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die verwendeten Kreuzungssauen.

Tabelle 4.1: Darstellung der Genotypen der verwendeten Kreuzungssauen

Vaterlinie	Mutterlinie	Genotyp Kreuzungsau	Bemerkung
LW (Linie 2)	DL (Linie 1)	21 F1-Sauenlinie	bisheriges Hybridzuchtprogramm German Genetic/SZV
LC (Linie 4)	LW (Linie 2)	42 F1-Sauenlinie	Versuchsvariante
LW (Linie 2)	LC*DL (Linie 41)	241 F2-Sauenlinie	Weiterentwickeltes Hybridzuchtprogramm German Genetic/SZV
LW (Linie 2)	SH*DL (Linie 61)	261 F2-Sauenlinie	Versuchsvariante
DL (Linie 1)	LC*LW (Linie 42)	142 F2-Sauenlinie	Versuchsvariante

DL = Deutsche Landrasse

LC = Leicoma

LW = Large White

SH = Schwäbisch-Hällisches Landschwein

Die nachstehende Tabelle 4.2 zeigt die Verteilung der 315 eingesetzten Muttersauen nach Wurfnummer. Die Verteilung der Muttersauen bezüglich ihrer Genotypen war nicht ganz homogen. Alle Sauen hatten einen NN-MHS-Status. In den Versuch eingebunden wurde der gesamte Sauenbestand der LSZ Boxberg.

Dazu wurden insgesamt 315 Muttersauen eingesetzt. Daraus entstanden 410 Würfe mit BW-Pietrain-Genetik und 124 Würfe mit BW-Duroc-Genetik. 96 Sauen wurden im Versuchszeitraum mit beiden Eberrassen besamt.

Insgesamt wurden 70 Eber eingesetzt, davon 63 Pietrain-Eber und 7 Duroc-Eber. Dabei hatten 17,5 % der Pietrain-Eber PP-Status (n=11), 55,5% der Pietrain-Eber hatten NP-Status (n=35) und bei 27,0% der eingesetzten Eber lag NN-Status vor (n=17).

Tabelle 4.2: Verteilung der Würfe nach Wurfnummer

Mutterlinie Wurfnummer	21	42	142	241	261	Würfe
1	37	11	56	48	27	179
2	32	11	40	33	22	138
3	16	2	38	18	17	91
4	19	1	17	0	5	42
5	30	1	5	0	2	38
6	22	0	4	0	1	27
7	10	1	0	0	1	12
8	6	0	0	0	0	6
9	1	0	0	0	0	1

Im Versuchszeitraum 08.03.2008 bis 22.11.2009 wurden 534 Würfe mit 6726 lebenden Ferkeln geboren, davon nahmen 2356 Tiere am Versuch teil. Die nachstehende Tabelle 4.3 zeigt die Genotypen aus den 534 Würfen, die am Versuch teilgenommen haben.

Die Auswahl der Tiere für die jeweiligen Schlachtbetriebe fand aufgrund des Geburtsdatums (alle 6 Wochen wurde ein Wechsel zwischen den Schlachtbetrieben Ulm und Crailsheim durchgeführt) bzw. aufgrund zufälliger Auswahl der Tiere, die in Forchheim geschlachtet werden sollten, statt. Dabei wurde auf eine anteilig gleiche Verteilung der Genotypen bzw. der Geschlechter geachtet. Das Auswählen der Tiere, die in den Versuch gingen, fand beim Einstellen in die Mast bei einem Gewicht von ca. 30 kg statt.

Tabelle 4.3: Verteilung der untersuchten Mastendprodukte aus den 534 Würfen

Vaterlinie	Mutterlinie	Geschlecht	n
Pietrain n=63	21 n=96	Männlich	195
		Weiblich	241
	42 n=21	Männlich	49
		Weiblich	70
	142 n=90	Männlich	286
		Weiblich	324
	241 n=66	Männlich	174
		Weiblich	186
Duroc n=7	21 n=46	Männlich	97
		Weiblich	95
	42 n=7	Männlich	16
		Weiblich	14
	142 n=27	Männlich	68
		Weiblich	66
	241 n=28	Männlich	79
		Weiblich	78
	261 n=11	Männlich	40
		Weiblich	29

4.1.1.1 Einteilung nach MHS-Status des Vaters

Nach Einteilung der Nachkommen in den MHS-Status (Maligne-Hyperthermie-Syndrom) des Vattertiers ergibt sich nachstehende Tabelle 4.4

Tabelle 4.4: Einteilung der Nachkommen nach Rasse und MHS-Status des Ebers

Rasse (MHS-Status)	Nachkommen	%
Pietrain (NN)	359	15,2
Pietrain (NP)	1199	50,9
Pietrain (PP)	170	7,2
Duroc (NN)	583	24,7

Lediglich bei 1,9% der Tiere konnte keine gesicherte Aussage über den MHS-Status des eingesetzten Vattertieres getroffen werden.

4.1.2 Haltung und Fütterung

4.1.2.1 Sauenhaltung

Die tragenden Muttersauen wurden in einer Wechselgruppe mit Futter-Abrufstation mit einem Platzangebot von ca. 3 m² pro Sau gehalten. Die abferkelnden Sauen standen in den verschiedenen Abferkelsystemen, die an der LSZ Boxberg erprobt werden. Dies umfasst Kastenstände, Bewegungsbuchten, Gruppenabferkelungen sowie Freilauf in der alternativen Haltung. Die LSZ Boxberg arbeitete in der Ferkelerzeugung mit einem 3-Wochen-Rhythmus, d.h. alle drei Wochen ferkelte ein Teil der Sauen ab, alle drei Wochen wurden Ferkel abgesetzt.

168 Sauen des Versuches lebten in der konventionellen Haltung, dies entspricht 33 Sauen je genetischer Variante. Die konventionelle Haltung umfasst ein geschlossenes Gebäude mit einer Zwangslüftung und Gülle. 84 Sauen lebten in der alternativen Haltung, dies sind je 42 Sauen der genetischen Variante 21 und 241. Dabei waren sie in einem Offenstall-Gebäude mit Schwerkraftlüftung und Stroh sowie Festmist untergebracht. Die Tiere wurden in 12 bzw. 24er Gruppen aufgeteilt. Eine randomisierte Zuordnung der Sauen in die verschiedenen Abferkelsysteme wurde durchgeführt. Innerhalb der genetischen Variante war ein Wurfausgleich möglich, allerdings wurde das aufgrund der unterschiedlichen Abferkeldaten nur selten durchgeführt. Die Sauen ferkelten spontan ab. Es fand keine Ferkelwache statt.

4.1.2.2 Haltung in der Mast

Alle drei Wochen wurden Mastschweine in die Mast eingestallt. Die Tiere wurden mit 28 Tagen abgesetzt. Dabei gab es verschiedene Haltungssysteme für die Mastschweine. Jedes Abteil wurde alle 18 Wochen (Mastdauer) neu belegt. Dabei wurden die Tiere getrenntgeschlechtlich aufgestallt. Die Linien wurden gemischt. Die Mastschweine wurden entweder in 8er-, 10er- oder 22er-Gruppen sowie in Großgruppen mit 64 Tieren gehalten. Dabei bestand ein Platzangebot von ca. 1,2 m² pro Schwein.

4.1.2.3 Fütterung in der Mast

In der Mast wurde entweder Flüssig-Fütterung oder Breiautomaten eingesetzt, je nach Haltungssystem. Die Tiere erhielten eine 3-phasige Fütterung, die auf eine tägliche Zunahme von 900 g zugeschnitten war. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten konnte keine Futterverwertung ermittelt werden. Die nachstehende Tabelle 4.5 zeigt die Verteilung der Versuchstiere in den jeweiligen Haltungssystemen mit der dazugehörigen Fütterung.

Tabelle 4.5: Verteilung der Versuchstiere nach Haltungssystem und Fütterungsregime in der Mast

Haltungssystem	Fütterung	n	%
10er Gruppe	Flüssig	487	20,7
22er Gruppe		288	12,2
Großgruppe		509	21,6
8er Gruppe	Breiautomat	339	14,4
10er Gruppe		94	4,0
22er Gruppe		223	9,5
Großgruppe		416	17,7
Gesamt		2356	100

4.1.3 Datenerfassung

4.1.3.1 Fruchtbarkeitsparameter

Im Versuchszeitraum wurden 534 Würfe mit insgesamt 6726 Ferkeln geboren. Dabei wurden die nachstehenden Parameter für alle im Zeitraum geborenen Ferkel wurfspezifisch als auch für die späteren Mastferkel ausgewertet.

- lebend geborene Ferkel (Anzahl Würfe=534; Anzahl Versuchstiere=1811)
- tot geborene Ferkel (Anzahl Würfe=182)
- Geburtsgewicht (Anzahl Würfe=512; Anzahl Versuchstiere=1291)

Als tot geboren gelten die Ferkel, die bei der ersten Kontrolle nach der Geburt tot hinter der Sau aufgefunden wurden. Für diese Ferkel liegen keine Daten, wie Geburtsgewicht, vor.

4.1.3.2 Säuge- und Aufzuchtsparemeter

In der Säuge- und Aufzuchtphase wurden die nachstehenden Parameter der Versuchstiere erhoben:

- 21-Tage-Gewicht (Anzahl Versuchstiere=744)
- Zahl der abgesetzten Ferkel (Anzahl Würfe=534)
- Tägliche Zunahme in der Säugezeit (Anzahl Versuchstiere=1187)
- Tägliche Zunahmen in der Aufzucht (Anzahl Versuchstiere=1831)
- Absetzgewicht (Anzahl Würfe=534; Anzahl Versuchstiere=1831)
- Saugferkelverluste (Anzahl Würfe=534)

Dabei konnte das 21-Tage-Gewicht nur von einem geringen Teil der Tiere erhoben werden.

4.1.3.3 Mastparameter

Die Parameter aus der Mast wurden von den Versuchstieren erhoben.

- die Haltungsform und Fütterungsregime
- Einstalldatum, Einstallgewicht (Anzahl Versuchstiere=2392)
- Tägliche Zunahmen während der Mast (Anzahl Versuchstiere=2375)
- Anzahl der Masttage (Anzahl Versuchstiere=2375), Schlachalter (Anzahl Versuchstiere=2123)
- Lebendtagzunahme (Anzahl Versuchstiere=1233)
- Gewicht am Tag vor der Schlachtung (Anzahl Versuchstiere=2392)

4.2 Transport, Schlachtung und Behandlung der Schlachtkörper

Die 2203 Versuchstiere, für die an den drei Schlachthöfen Parameter erhoben werden konnten, teilten sich wie folgt auf: 49% der Tiere (n=1083) gingen an den Schlachthof Ulm, 11% der Tiere (n=240) wurden am Versuchsschlachthof der LSZ Boxberg in Forchheim geschlachtet. Die verbleibenden 40% der Tiere (n=880) wurden am Schlachthof in Crailsheim geschlachtet und standen für die Erfassung der Daten der Fleischqualität nicht zur Verfügung. Nachfolgend sind die Bedingungen und die Datenerfassung an den unterschiedlichen Schlachtstätten dargestellt. Dabei wurde der Versuch hier in zwei Teilversuche unterteilt, um die Prozessunterschiede zwischen einem großen Praxisbetrieb (Teilversuch 1) und einer Versuchseinrichtung (Teilversuch 2) herauszuarbeiten.

4.2.1 Transport und Schlachtung

4.2.1.1 Transport und Schlachtung im Teilversuch 1 (Schlachthof Ulm)

Die Tiere wurden am frühen Abend von Boxberg mit einem Schlachtschweinetransporter an den Schlachthof Ulm gebracht. Dabei betrug die Transportzeit für die 185 km im Schnitt 6 h 40 min, da noch weitere Tiere auf dem Weg zum Schlachthof geladen wurden. Am Schlachthof wurden sie separat aufgestellt und hatten eine Ruhezeit im Schnitt von 7,5 h, da sie erst in den frühen Morgenstunden geschlachtet wurden. Während dieser Zeit hatten die Tiere Zugang zu Wasser und blieben in ihrer gewohnten Gruppe zusammen.

Die Tiere wurden über ein Backloader-System in Gruppen von vier bis fünf Schweinen in die Betäubungsanlage getrieben und mit einer 86% CO₂-Mischung betäubt. Anschließend an einem Fuß zum Stechen mit einer Hakenkette angeschlungen. Das Stechen erfolgte innerhalb von 90 sec nach dem Betäuben. Nach einer Hängendkondensatbrühung (58°C) folgte die Enthaarungsmaschine. Auf einer Rutsche gelangten die Schlachtkörper auf den Flechtisch, an der der Enddarm vorgebohrt und die Flechsen angeschnitten werden. Es folgten eine Nassspeitsche, der erste Flammofen, die Trockenpeitsche und der zweite

Flammofen. Danach wurde die laufende Nummer aufgesprüht, um die Tiere eindeutig zu kennzeichnen. Es folgten die Arbeitspositionen: Entfernung der Ohrmarke, Augen und Ohren, Aufschließen des Schlossknochens, Entnahme der weißen (Darmpaket) und roten Organe (Geschlinge) sowie Flomen ziehen und Nieren ausspellen. Nach der Hälftensäge fand die Probenentnahme für die Muskelfaseranalysen statt, auf die im Kapitel 4.5.1 weiter eingegangen wird.

Im weiteren Prozess folgte die Fleischuntersuchung durch das Veterinäramt. Nach Stichfleischentfernung, Flomen und Nieren ausschneiden sowie Rückenmark und Fett absaugen sowie Vorschneiden des Kopfes, gelangt der Schlachtkörper zur Klassifizierung. Dabei erfolgte die Erfassung von Schlachtgewicht und Muskelfleischanteil (siehe Kapitel 4.2.2 und 4.2.3). Anschließend wurden die Schlachtkörper bis zur Verladung nach Birkenfeld bei ca. 3°C Umgebungstemperatur gekühlt, um eine Kerntemperatur von 7°C zu erreichen. Die Gesamtdauer von Stechen bis Klassifizierung betrug 45 min.

4.2.1.2 Transport und Schlachtung im Teilversuch 2 (Schlachthof Forchheim)

Die Versuchstiere (n=240) wurden von Boxberg mit einem Schlachtschweinetransporter am Tag der Schlachtung nach Forchheim gefahren. Für die 150 km wurde ca. 2 h Transportzeit benötigt. Nach Ankunft der Tiere am Schlachthaus in Forchheim wurden sie auf einer umzäunten Betonplatte für ca. 1,5 h aufgestellt.

Die Tiere wurden mittels einer Elektrozange einzeln betäubt und nach dem Anschlingen gestochen. Nach der Entblutung folgte das Brühen der Schlachtkörper in einem Brühkessel. Es wurden mehrere Tiere gemeinsam gebrüht. Anschließend wurden die Tiere mit einer Enthaarungsmaschine enthaart und abgeflammt. Die Tiere wurden an den Flechsen an zwei Haken aufgehängt, mit einer Schlachtnummer versehen. Dabei wurde die Prüfnummer sowie der Genotyp auf dem linken Hinterfuß vermerkt. Dem Schlachtkörper wurden das Darmpaket und die Organe entnommen. Anschließend in zwei Hälften gesägt und der Flomen und das Rückenmark entfernt. Nach Wiegung, Klassifizierung und Genusstauglichkeitskennzeichnung wurden die Tiere in den Kühlraum bei ca. 3°C Umgebungstemperatur bis zur Zerlegung verbracht. Die Gesamtdauer von Stechen bis Klassifizierung betrug 45 min.

4.2.2 Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung

4.2.2.1 Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung im Teilversuch 1

Das Schlachtgewicht wurde bei 1083 Schlachtkörpern an der Station der Klassifizierung erhoben. Hierzu wurden die beiden Schlachtkörper über eine geeichte Waage gezogen. Darauf aufbauend wurde die Ausschlachtung (prozentualer Anteil des Schlachtgewichts vom Lebendgewicht) bei 1083 Schlachthälften berechnet.

4.2.2.2 Erfassung von Schlachtgewicht und Ausschlachtung im Teilversuch 2

Das Schlachtgewicht der 240 Tiere wurde mittels einer geeichten Waage erhoben sowie die Ausschlachtung analog zu 4.2.2.1 berechnet.

4.2.3 Bestimmung des Muskelfleischanteils

4.2.3.1 Bestimmung des Muskelfleischanteils im Teilversuch 1

Der Muskelfleischanteil wurde im Rahmen der Klassifizierung durch ein neutrales Unternehmen mit einem Sondengerät (FOM-Gerät) der Firma Hennessy bei 1083 Schlachtkörpern ermittelt. Bei dem FOM-Gerät handelt es sich um ein halbautomatisches Choirometer. Zur Messung wird manuell eine Sonde auf Höhe der 2./3. letzten Rippe und 7 cm seitlich der Mittellinie in die Schlachthälfte eingestochen. Dabei wurden die Muskel- und Fettdicken bestimmt. Diese Werte werden in die hinterlegte Schätzformel eingegeben, so dass die Gewebeanteile geschätzt werden können. Die Erfassung und Protokollierung der Messwerte erfolgte vollautomatisch (Branscheid et al., 2007).

4.2.3.2 Bestimmung des Muskelfleischanteils im Teilversuch 2

Der Muskelfleischanteil im Teilversuch 2 wurde bei 240 Tieren ebenfalls nach FOM durch geschulte Mitarbeiter der LSZ Boxberg ermittelt. Die Vorgehensweise entspricht der Darstellung im Kapitel 4.2.3.1.

4.3 Zerlegung der Schlachtkörper

4.3.1 Zerlegung und Verpackung im Teilversuch 1

Nach Kühlung der Schlachthälften auf 7°C in Ulm wurden die Hälften mit einem Kühlfahrzeug nach Birkenfeld zur Schwesterfirma Müller Fleisch transportiert. Die Fahrzeit für die 150 km betrug ca. 2 h. Der Kühlverlauf wurde mittels eines Temperaturloggers dokumentiert. Vor der Zerlegung der Hälften, ca. 30 h p.m., wurde der pH- und Leitfähigkeitswert im Schinken und Kotelett gemessen. Vorher befanden sich die Hälften auf dem LKW-Auflieger, so dass eine frühere Messung nicht möglich war. Die Hälften aus dem Versuch wurden dann separat zerlegt. Dabei wurden von einigen Tieren die Teilstücke Nacken (n=228), Lachs (n=226) und Oberschale (n=228) separat erfasst und verpackt werden. Von weiteren Tieren wurden Scheiben vom Rücken für die IMF-Analyse (n=355) und die Verkostung (n=185) gewonnen werden. Die Teilstücke wurden in SB-Frischfleisch-Schalen verpackt und mit einem Kühlfahrzeug zurück nach Ulm transportiert.

4.3.2 Detailanalyse im Teilversuch 2

Im Rahmen der Detailanalyse wurde im Teilversuch 2 an den 240 Tieren die folgenden Parameter ermittelt (LSZ Boxberg, 2011):

- Schlachtkörperlänge (in cm, von cranialer Kante des ersten Halswirbels bis zur cranialen Kante des Schlossknochens)
- Rückenspeckdicke (in cm, durchschnittliche Dicke des Rückenspecks an Widerrist, Rücken und Lende)
- Speckdicke (in cm über dem Rückenmuskel)
- Seitenspeckdicke (in cm, größtes fleischfreies Speckmaß)
- Fettfläche (in cm², Fläche der Fettschicht über dem M. long. dorsi am Planschnitt, zwischen dem 13./14. Brustwirbelkörper)
- Rückenmuskelfläche (in cm², Fläche des M. long. dorsi am Planschnitt zwischen dem 13./14. Brustwirbelkörper)
- Fleisch-Fettverhältnis (1: $\frac{\text{Fettfläche}}{\text{Rückenmuskelfläche}}$)
- Flomen (in kg)
- Bauchpunkte

Ebenso wurde jeweils die rechte Schlachthälfte der 240 Tiere einzeln zerlegt. Grundlage hierfür bildete die DLG-Schnittführung. Die nachstehende Tabelle 4.6 stellt die zerlegten Teilstücke dar:

Tabelle 4.6: Zerlegung nach DLG-Schnittführung im Teilversuch 2

Teilstück	Anatomische Abgrenzung
Kopf incl. Backe	Abtrennung am ersten Halswirbel
Kamm, Kotelett, Filet	Abtrennung Kotelett am vorletzten Lendenwirbel. Senkrechte Teilung zwischen 13. und 14 Rippe
Schinken Zusätzlich: Gesamtschinken	Abtrennung ca. 14 cm unterhalb des Schlossknochens zwischen dem letzten und vorletzten Lendenwirbel Speckauflage, Eisbein, Schwanz und Zuwamme zusammen gewogen
Bug	Runder Schnitt um das Schulterblatt
Eis- mit Spitzbein und Schwanz	
Bauch	Trennung entlang der Grundlinie
wertvolle Teilstücke	Kamm-Kotelett, Schinken und Bug ohne Auflagefett, Eisbein, Spitzbein und Schwanz, in % der Summe aller zerlegten Teilstücke

4.4 Bestimmung der physikalisch-chemischen Kriterien der Fleischqualität

4.4.1 pH-Wert-Bestimmung

4.4.1.1 Bestimmung des pH-Werts im Teilversuch 1

Die pH-Werte wurden nach dem in nachstehender Tabelle 4.7 dargestellten Schema jeweils an der rechten Schlachtkörperhälfte im Schinken und im Kotelett (zwischen der 13. und 15. Rippe) mit dem pH-Meter der Firma Classpro, Sielenbach, gemessen.

Tabelle 4.7: Messung des pH-Werts im Teilversuch 1

Zeitpunkt	Messort	n
45 min p.m.	Kotelett	647
	Schinken	639
3 h p.m.	Kotelett	283
	Schinken	286
6 h p.m.	Kotelett	308
	Schinken	307
ca. 30 h p.m. (vor Zerlegung)	Kotelett	620
	Schinken	620

Das pH-Wert-Gerät der Firma Classpro ist ein mobiles Handgerät. Das Gerät speichert unter anderem die Messstelle, den Messzeitpunkt und die laufende Nummer. Mit Hilfe einer Standardsoftware und einer seriellen Schnittstelle konnten die pH-Werte vom Gerät auf einen PC und in eine Excel-Tabelle übertragen werden. Vor Inbetriebnahme wurde es bei pH-Werten von 4,0 und 7,0 kalibriert (Classpro, 2008). Nach derselben Vorgehensweise wurden die Messungen für Kapitel 4.4.3 durchgeführt.

4.4.1.2 Bestimmung des pH-Werts im Teilversuch 2

Im Teilversuch 2 wurde die pH-Wert-Messung anhand des in der Tabelle 4.8 dargestellten Schemas mit dem pH-Meter (pH-Star) der Firma Matthäus, Nobitz, durchgeführt.

Tabelle 4.8: Messung des pH-Werts im Teilversuch 2

Zeitpunkt	Messort	n
45 min p.m.	Kotelett	240
	Schinken	240
ca. 20 h p.m. (vor Zerlegung)	Kotelett	240
	Schinken	240

Das Messgerät der Firma Matthäus wurde analog zu der in Kapitel 4.4.1.1 dargestellten Vorgehensweise kalibriert und eingesetzt (Matthäus, 2009).

4.4.2 Bestimmung der Leitfähigkeit

4.4.2.1 Leitfähigkeitsmessungen im Teilversuch 1

Die Leitfähigkeit wurde zu drei Messzeitpunkten an zwei Messstellen, wie für die pH-Messung (siehe Tabelle 4.8) jeweils an der rechten Schlachtkörperhälfte mit dem LF-Star der Firma Matthäus gemessen, siehe Tabelle 4.9. Der Messwert wird in mS/cm angegeben.

Tabelle 4.9: Messung der Leitfähigkeit (mS/cm) im Teilversuch 1

Zeitpunkt	Messort	n
3 h p.m.	Kotelett	357
	Schinken	356
6 h p.m.	Kotelett	383
	Schinken	382
ca. 30 h p.m. (vor Zerlegung)	Kotelett	626
	Schinken	626

Dieses Gerät ist ebenfalls tragbar, netzunabhängig und mit Hilfe einer zugehörigen Software ließen sich die Daten in ein Excel-Format überführen. Vor Inbetriebnahme wurde es mit Hilfe eines Messblockes kalibriert (Matthäus, 2009). Nach derselben Vorgehensweise wurden die Messungen für Kapitel 4.4.3 durchgeführt.

4.4.2.2 Leitfähigkeitsmessungen im Teilversuch 2

Die Leitfähigkeit wurde am Schlachthaus Forchheim als LF_{end} nur 24 h p.m. im Kotelett ($n=240$) und Schinken ($n=240$) vor der Zerlegung ca. 20 h p.m. ermittelt. Hier wurde das baugleiche Gerät der Firma Matthäus, wie in Kapitel 4.4.2.1, verwendet.

4.4.2.3 Grenzwerte zur Identifikation von Fleischfehlern

Um eine Unterteilung zwischen normaler Fleischqualität und Fleischfehlern vornehmen zu können, wurden die in Tabelle 4.10 zusammengefassten Grenzwerte verwendet.

Tabelle 4.10: Verwendete Grenzwerte von pH-Wert und Leitfähigkeit zur Beurteilung der Fleischqualität (nach Honikel, 2007)

Methode Lokalisation	Zeit (p.m.)	Normal	PSE-Verdacht	DFD-Verdacht	Acid Meat condition-Verdacht
		Kotelett/Schinken	Kotelett/Schinken	Schinken	Schinken
pH-Wert	45 min.	> 5,8	< 5,8	-	-
pH-Wert	24 h	< 5,8	-	> 6,2	< 5,4
Leitfähigkeit (mS/cm)	24 h	< 5,0	> 8,0	-	-

Da im Teilversuch 1 der End-pH-Wert und die Leitfähigkeit (vor der Zerlegung) erst 30 h p.m. gemessen wurden, sind die Grenzwerte nicht voll übertragbar. Sie wurden dennoch zur Klassifizierung herangezogen.

4.4.3 Fleischqualitätsmessung in der SB-Schale im Teilversuch 1

Aus den drei Teilstücken Nacken (n=228), Lachs (n=226) und Oberschale (n=228) wurden pro Tier jeweils drei SB-Schalen aus Birkenfeld zum Standort Ulm gebracht. Die Schalen wurden nach 3, 6 und 8 Tagen (Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums) geöffnet. Dies dient der Simulation, wie der Verbraucher die Schale im Laden kaufen und öffnen würde. Dieses Qualitätsmonitoring wurde hausintern 2008 in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. A. Oster, Forchheim, entwickelt. Die Parameter sind in den angegebenen Kapiteln weiter beschrieben.

- pH-Wert (siehe Kapitel 4.4.1)
- Leitfähigkeitswert (siehe Kapitel 4.4.2)
- Tropfsaftverlust (siehe Kapitel 4.4.4)
- Scherkraft (siehe Kapitel 4.4.5)
- Fleischhelligkeit (siehe Kapitel 4.4.6)

4.4.4 Erfassung des Wasserbindungsvermögens

Der Tropfsaft wurde auf zwei verschiedene Arten (SB-Frischfleisch-Schale und Bag-Methode) bestimmt. Sie sind nachfolgenden beschrieben.

4.4.4.1 Erfassung des Tropfsaftverlusts nach Lagerung in SB-Schale im Teilversuch 1

Die Methode zur Bestimmung des Saftverlustes im Teilversuch 1 basiert auf der Wiegung des Fleece in der SB-Schale nach Otto, 2005. Dabei wurde durch Auswaage der leeren SB-Frischfleisch-Schale mit Fleece sowie des Fleischstücks, der Saftverlust jeweils nach 3, 6 und 8 Tagen bestimmt. Der Tropfsaftverlust wurde in % zum Teilstückgewicht zum Zeitpunkt der Verpackung angegeben.

4.4.4.2 Bag-Methode im Teilversuch 2

Der Tropfsaft im Teilversuch 2 wurde mittels der Bag-Methode bestimmt (Honikel, 1987). Dazu wurde eine definierte Scheibe aus dem Kotelett mit einer Schnur in einem Beutel befestigt, so dass das Fleisch den Beutel nicht berührte. Diese Scheibe wurde nach 48h p.m. Lagerung bei 3°C ausgewogen und der Tropfsaftverlust ermittelt, er wurde in % zum Teilstückgewicht bei Einlage in den Beutel angegeben. Günstige Werte für den Tropfsaftverlust über 48 h liegen unter 4% (LSZ, 2011).

4.4.5 Bestimmung der Scherkraft im Teilversuch 1

Die Scherkraft wurde an den in die SB-Frischfleisch-Schale verpackten Teilstücken Nacken, Oberschale und Lachs nach unterschiedlicher Lagerdauer nach Wheeler et al., 1999, gemessen. Die Proben wurden am Tag der Schalenöffnung, also nach 3, 6 und 8 Tagen, in einer Induktionspfanne auf eine Kerntemperatur von 55°C erhitzt und im Kühlraum 24 h bei 4°C gelagert. Die Messung der Kerntemperatur erfolgte mittels eines Temperaturfühlers der Firma Testo, Lenzkirch. Nach 24 h wurden die Proben für die Scherkraftmessung in Richtung der Faser geschnitten, so dass ein Quader von 1x1x2 cm entstand. Anschließend folgte die Messung mit dem Instron Scherkraft-Messgerät (Serie 3342, Seriennummer 3342J9031), die quadratische Fläche lag senkrecht zum Faserverlauf. Für die Messung des Scherwertes ist nur die Druckmethode geeignet. Als Grenzwert für zartes Fleisch gilt 3 Nm Scherwert (Heincinger et al., 2009; van Oeckel et al., 1999).

4.4.6 Bestimmung der Fleischhelligkeit (Opto-Star)

4.4.6.1 Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 1 (Opto-Star)

Im Teilversuch 1 wurde die Fleischhelligkeit der Teilstücke nach bestimmter Lagerung in den SB-Schalen (3 bis 8 Tage) mit dem „Opto-Star“ der Firma Matthäus erfasst und in Punkten angegeben. Eine Farbmessung am frischen Kotelettanschnitt war aufgrund der Produktionsbedingungen nicht möglich.

4.4.6.2 Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 2 (Opto-Star)

Im Teilversuch 2 hingegen wurde die Fleischfarbe mit dem baugleichen Gerät „Opto-Star“ der Firma Matthäus ca. 20 h p.m. am Kotelettanschnitt in Höhe des 13./14. Brustwirbels nach LPA-Standard gemessen. Dabei liegen optimale Werte zwischen 60-80 Punkten. Werte unter 55 Punkten kennzeichnen PSE-Fleisch, Werte über 85 Punkten kennzeichnen DFD-Fleisch (LSZ Boxberg, 2011).

4.4.7 Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes

4.4.7.1 Messung des intramuskulären Fettgehaltes im Teilversuch 1

Der intramuskuläre Fettgehalt wurde aus gefrorenen Proben aus dem Rücken (n=355), genommen am Kotelettanschnitt in Höhe des 13./14. Brustwirbels, bestimmt (Heylen, 1999). Dazu wurde die Probe 24 h vor Messung aufgetaut, in einem Robot Coupe zu einer feinen Masse gemixt und dann im Fettanalysegerät „aquila nir-foodanalyzer“ der Firma Eagle Lab bestimmt. Es ist Gerät zur schnellen Analyse der Inhaltsstoffe Wasser, Fett, Eiweiß und anderer Werte. Es eignet sich nahezu für alle Lebensmittel, somit für Fleisch. Die Steuerung des Gerätes läuft über einen externen PC. Die benötigte Probenmenge betrug 150 g homogene Masse (eagle lab, 2009). Für die Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes

wurde das Gerät vom Hersteller kalibriert. Bei der Untersuchung der IMF-Proben in einem akkreditierten Labor stellte sich heraus, dass die im Teilversuch 1 gemessenen Werte nicht der Realität entsprechen, so dass diese Werte nicht verwendet werden konnten.

4.4.7.2 Messung des intramuskulären Fettgehaltes im Teilversuch 2

Für die Bestimmung des intramuskulären Fetts im Teilversuch 2 wurden die Proben der 240 Tiere am Kotelettanschnitt in Höhe des 13./14. Brustwirbels gezogen. Die Untersuchung wurde dann mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) an der LUFA Augustenberg durchgeführt (LSZ Boxberg, 2011; Heylen, 1999).

4.5 Probeentnahme für histologische und histochemische Untersuchungen

4.5.1 Probeentnahme

Die Muskelproben wurden bei 130 Tieren im Teilversuch 1 direkt nach der Hälftensäge ca. 25 min p.m. entnommen. Dabei wurde eine ca. 1 cm³ große Muskelprobe am M. spinalis in Faserrichtung entnommen, trapezförmig zugeschnitten und längs der Faser in einem Gewebekleber „Tissue Tek“ gewendet und in ein Aludöschen gelegt. Die nachstehende Abbildung 4.1 zeigt den Probeentnahmeort.



Abbildung 4.1: M. spinalis

Die gekennzeichneten Proben wurden sofort in flüssigem Stickstoff bei -196°C gekühlt und nach Abschluss der Probenentnahme an die Universität Hohenheim gebracht, wo sie im Ultrafreezer bei -80°C bis zur Aufbereitung lagerten.

4.5.2 Verarbeitung der histologischen Proben

4.5.2.1 Bestimmung der Muskelfasertypen

Vor Beginn der Färbung wurden von den Muskelproben Gefrierschnitte angefertigt. Hierzu wurden die Proben in den Cyrostat (Fa. Leitz) eingelegt und auf -20°C erwärmt, dann mit dem Mikrotom 10 μm dicke Schnitte angefertigt. Pro Probe wurden drei Schnitte auf einem Superfrost Objektträger (Fa. Roth) mit „Tissue-Tek“ aufgelegt.

Die Färbung erfolgt durch eine von Horák, 1983, entwickelte und vom Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Fachgebiet Verhaltensphysiologie landwirtschaftlicher Nutztiere der Uni Hohenheim modifizierte Methode. Die Differenzierung der Muskelfasern basiert auf dem histochemischen Nachweis der NADH-Tetrazoliumreduktase sowie der unterschiedlichen Aktivität der Myosin-ATPase in den verschiedenen Muskelfasertypen. Dabei handelt es sich bei NADH-Tetrazoliumreduktase (= Diaphorase) um ein Enzym, welche die Oxidation von $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$ katalysieren. Somit kann ein Maß für die intrazelluläre Oxidationskapazität dargestellt werden. Die Diaphorasen übertragen den reversibel aufgenommenen Wasserstoff auf künstliche Akzeptoren, wie z.B. Tetrazoliumchlorid, das dadurch zu blauem Formazon reduziert wird. So dienen die NADH-Tetrazoliumreduktasen, aufgrund ihrer festen Strukturgebundenheit an Mitochondrien, als Markerenzyme für diese Organellen (Lojda et al., 1976). Der Mitochondriengehalt von Muskelfasern variiert je nach Stoffwechseltyp, oxidative Fasern haben dabei die höchste Dichte, so dass diese über die Markerenzyme nachgewiesen werden können.

Die myofibrilläre Adenosintriphosphatase (Myosin-ATPase) katalysiert die Hydrolyse von ATP zu ADP und anorganischem Phosphat. Die Geschwindigkeit der Muskelkontraktion hängt von der Aktivität der Myosin-ATPase ab (Linke et al., 2005; Widmaier et al., 2004). Die Enzyme mit einer hohen ATPase-Aktivität (fast-Myosin) werden durch eine Präinkubation bei pH 4,2 inaktiviert, dies steht im Gegensatz zu denjenigen mit niedriger ATPase-Aktivität (slow-Myosin) (Pette et al., 1990).

Die hier angewandte Kombination aus ATPase- und Diaphorase-Färbung (Horák, 1983) nach Präinkubation bei pH 4,2 am selben Schnitt ermöglicht eine Differenzierung der Muskelfasern in rot, weiß und intermediär. Rote Fasern färben sich durch beide Reaktionen am intensivsten (schwarz), die intermediären Fasern durch die Diaphorase-Reaktion weniger intensiv (blau-gepunktet), die weißen Fasern bleiben weitgehend ungefärbt (hell bis gelblich braun), siehe Abbildung 4.2. Die genauen Arbeitsschritte und die verwendeten Puffer und Lösungen finden sich im Anhang.

Die angefärbten Muskelproben wurden unter einem Mikroskop (Zeiss) mit einem Okularobjektiv Vergrößerung von 10x20-fach ausgewertet. Die jeweils aussagefähigsten Bereiche wurden fotografiert (Leica Application Suite V3.0.0). In jeder Aufnahme wurden die Flächen der Muskelfaserbündel hinsichtlich ihrer Färbung ausgemessen. Hier kam das

Programm „Mac Biophotonic Image J“ ein Bildbearbeitungs- und Bildverarbeitungsprogramm (National Institutes of Health, USA) zum Einsatz. Die Muskelfasern wurden umrandet, die Fläche in Pixel² ermittelt. Mit Hilfe einer Referenzaufnahme einer Neubauer Zählkammer wurde anhand dieser definierten Fläche in μm^2 umgerechnet.

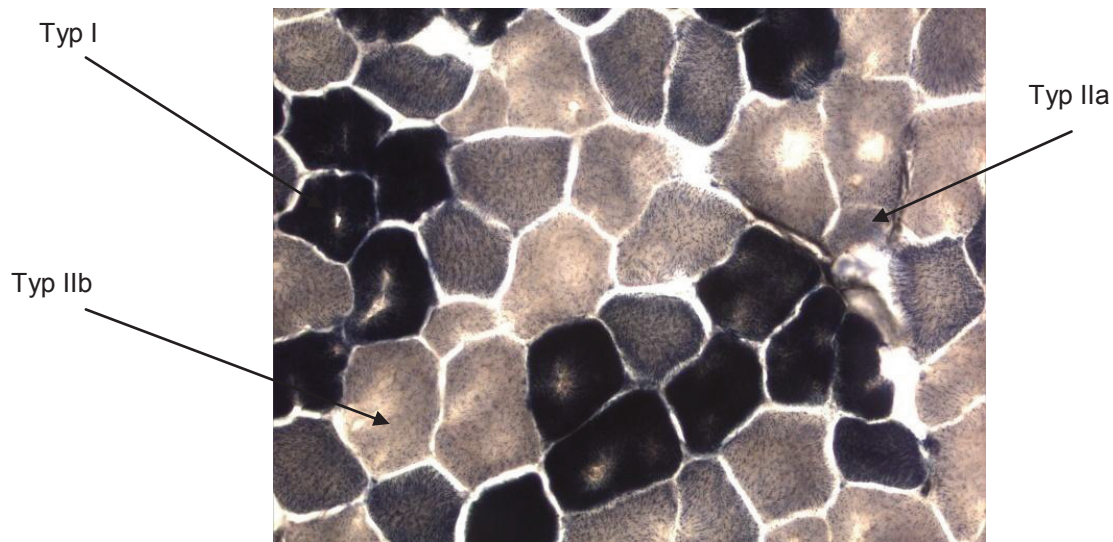


Abbildung 4.2: Angefärbte Muskelfasern

4.5.2.2 Nachweis der Adipozytenfläche im M. spinalis

Für den Nachweis der Adipozytenfläche im M. spinalis wurde die Oil Red O-Färbung, die spezifisch für neutrale Lipide ist, verwendet. Diese erscheinen dadurch im Lichtmikroskop rot, siehe Abbildung 4.3. Der Färbung beruht auf der besseren Löslichkeit des Fettfarbstoffes in den Lipiden des Gewebes gegenüber dem Lösungsmittel, in dem es angeboten wird. Diese Färbung konnte ebenfalls an den Gefrierschnitten durchgeführt werden. Dazu wurde die Oil Red O-Gebrauchslösung kurz vor dem Anfärben hergestellt. Die Zellen wurden in der Gebrauchslösung für eine Stunde eingelegt und anschließend mit destilliertem Wasser dreimal je 30 sec. abgewaschen. Nach Waschung unter fließendem Leitungswasser wurden die Proben in Aquatex eingedeckt und zum Fotografieren und Auswerten (wie in Kapitel 4.5.2.1 beschrieben) gebracht. Die verwendeten Reagenzien sowie die genauen Arbeitsschritte befinden sich im Anhang.

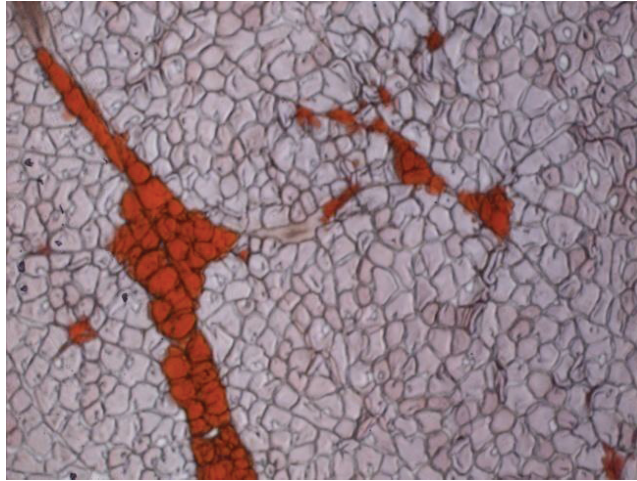


Abbildung 4.3: Rot angefärbte Adipozyten

4.6 Sensorische Tests im Teilversuch 1

Für die sensorischen Tests wurden die Proben aus dem M. longissimus dorsi herangezogen. Caudal wurden sechs Scheiben für die anderen Untersuchungen (siehe Kapitel 4.4) geschnitten, die siebte und achte Scheibe, auf Höhe des 11./12. Brustwirbels wurde für die sensorische Analyse eingefroren und 24h vor dem sensorischen Test aufgetaut. Dabei wurden die Proben nach Aussehen, Zartheit, Aroma und Saftigkeit bestimmt (Hildebrandt, 2009; Heylen, 1999).

4.6.1 Prüferauswahl

Die Prüferauswahl erfolgte analog den Richtlinien aus Rummel, 2009. Die Personen, die an den sensorischen Tests teilnahmen, wurden aufgrund ihrer Qualifikation ausgewählt: ein Fleischereitechniker, zwei DLG-Prüferinnen für Frischfleisch und ein kaufmännischer Mitarbeiter, als „normaler“ Verbraucher. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Geschlechterverhältnis ausgeglichen war, somit führten jeweils zwei Männer und zwei Frauen die Prüfung durch.

4.6.2 Ablauf der sensorischen Tests

Vor Beginn der sensorischen Tests wurden die Prüfer mit Kotelettproben, die nicht zum Versuch gehörten, auf die durchzuführenden Analysen eingeschult sowie das Bewertungsschema abgestimmt. Gleichzeitig gab es eine Einführung in die Methodik und Dokumentation analog zu den Richtlinien der DLG, wie die Teilstücke zu bewerten sind. Dabei ist 5 die höchste Punktzahl, 0 die niedrigste (Hildebrandt, 2009).

Die Proben (n=184) wurden nach der Zerlegung und Verpackung eingefroren und 24 h vor den Tests aufgetaut. Dabei wurden jeweils zwei Scheiben pro Tier benötigt. Eine Scheibe diente der Bewertung des Aussehens, die weitere Scheibe wurde in einer Induktionspfanne

von fachkundigem Personal erhitzt, bis sie eine Kerntemperatur von 50°C erreicht hatte (Kontrolle durch ein digitales Thermometer der Firma Testo AG, Lenzkirch). Anschließend wurden die gebratenen Scheiben einzeln in Alufolie verpackt und im Ofen bei 130°C für ca. 15 min weiter gegart. Die Endtemperatur des Fleisches lag bei 80°C. Die Scheiben wurden in kleine Stücke geschnitten und den Prüfern zur Verkostung vorgelegt. Diese bewerteten die drei Merkmale Aroma, Zartheit und Saftigkeit. Zur Ermittlung eines Durchschnittswertes wurden die Werte aller vier Testpersonen gemittelt. Die Mittelwerte dieser vier Merkmale wurden im Parameter „Sensorik Gesamt“ zusammengefasst.

4.7 Statistische Auswertung

Die vorliegenden Daten wurden mit dem Statistikprogramm PASW Statistics 18 (IBM SPSS, Version 18) analysiert. Um einen Überblick über die erhobenen Daten zu geben, wurden mit der deskriptiven Statistik die Mittel- und Extremwerte (Minimum, Maximum) sowie die Standardabweichung berechnet. Für die Auswertung der Daten standen insgesamt zwei Grundgesamtheiten zur Verfügung. Die erste Grundgesamtheit betrifft die Fruchtbarkeitsdaten basierend auf der Zahl der Würfe (n=534). Die Wurfnummer wurde einbezogen, um eine Auswertung nach Jung- und Altsauen durchführen zu können.

Dabei wurde nachstehendes Modell 1 erstellt, wobei das Geschlecht nicht berücksichtigt ist:

$$(1) \quad y_{ijk} = \mu + V_i + M_j + W_l + (VM_{ij}) + e_{ijk}$$

y_{ijk} = Beobachtungswert des Merkmals

μ = Mittelwert

V_i = Einfluss der i-ten Vaterlinie (i = 1,2)

M_j = Einfluss der j-ten Mutterlinie (j = 1,2,3,4,5)

W_l = Einfluss der l-ten Wurfnummer der Mutter (l = 1,2,3,4,5,6,7,8,9)

(VM_{ij}) = Vaterlinie x Mutterlinie Wechselwirkung

e_{ijk} = zufälliger Restfehler

Die zweite Grundgesamtheit beinhaltet die Daten der einzelnen Versuchstiere von Geburt bis zum Absetzen, sowie die Wachstumsparameter und die Parameter der Fleischqualität und Sensorik. Dabei wurde das Geschlecht der Versuchstiere mit einbezogen, was das nachstehende Modell 2 verdeutlicht:

$$(2) \quad y_{ijk} = \mu + V_i + M_j + G_k + (VM_{ij}) + (VG_{ik}) + (MG_{jk}) + (VMG_{ijk}) + e_{ijk}$$

y_{ijk} = Beobachtungswert des Merkmals

μ = Mittelwert

V_i = Einfluss der i-ten Vaterlinie (i = 1,2)

M_j = Einfluss der j-ten Mutterlinie (j = 1,2,3,4,5)

G_k = Einfluss des k-ten Geschlechts (k = 1,2)

(VM_{ij}) = Vaterlinie x Mutterlinie Wechselwirkung

(VG_{ik}) = Vaterlinie x Geschlecht Wechselwirkung

(MG_{jk}) = Mutterlinie x Geschlecht Wechselwirkung

(VMG_{ijk}) = Vaterlinie x Mutterlinie x Geschlecht Wechselwirkung

e_{ijk} = zufälliger Restfehler

Zur Berücksichtigung eines signifikanten Einflusses der Wurfgröße und des Geburtsgewichts sowie der Zahl der abgesetzten Ferkel wurden in einigen Auswertungen diese Parameter zusätzlich als Kovariate in das Modell mit einbezogen.

Da die Tiere an zwei unterschiedlichen Schlachthöfen geschlachtet wurden, teilt sich hier die Auswertung in zwei Teilversuche (TV1 = Schlachthof Ulm, TV2 = Schlachthof Forchheim) auf. Die Auswertung der Schlacht- und Fleischqualitätsdaten wird mittels des Modells 2 ermittelt, die Kriterien innerhalb der beiden Teilversuche variieren allerdings. Zur Relativierung des Einflusses des Schlachtgewichts wurde in den Auswertungen der Schlachtleistung mit der Kovariate Schlachtgewicht gerechnet. Insgesamt wurden die Interaktionen zwischen Vaterlinie, Mutterlinie und Geschlecht überprüft und bei statischen Signifikanzen weiter ausgewertet. Um signifikante Unterschiede zwischen den Nachkommen der Mutterlinien zu ermitteln, wurde der Test Post-hoc „Tukey“ durchgeführt.

Für die Varianzanalyse wurden folgende Wahrscheinlichkeitsgrenzen zu Grunde gelegt:

$p > 0,1$: nicht signifikant (n.s.)

$p < 0,05$: schwach signifikant (*)

$p < 0,01$: signifikant (**)

$p < 0,001$: hoch signifikant (***)

Mögliche lineare Zusammenhänge zwischen den untersuchten Parametern sowie die Stärke der Zusammenhänge wurden mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet.

5. ERGEBNISSE

5.1 Übersicht über Leistungsmerkmale und Einfluss des Genotyps

5.1.1 Fruchtbarkeitsleistung

Zur Charakterisierung der Fruchtbarkeit der verschiedenen Genotypen wurden die folgenden Parameter analysiert: Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen und abgesetzten Ferkel pro Wurf sowie die Gewichte zum Zeitpunkt der Geburt und des Absetzen sowie die Saugferkelverluste (%). Die nachstehende Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die ermittelten Werte. Sie repräsentieren die 534 Würfe, aus denen die 2356 Tiere stammen, die auch für die weitergehende Untersuchung zur Verfügung standen.

Die Wurfgröße lag bei knapp 13 geborenen Ferkeln je Wurf, wobei die Spannbreite zwischen 2 Ferkeln/Wurf und 23 Ferkeln/Wurf. Dabei wurden in den 534 Würfen im Durchschnitt 12,6 Ferkel lebend geboren. Das Geburtsgewicht konnte bei 512 Würfen erfasst werden und lag bei 1,62 kg/Ferkel. Abgesetzt werden konnten 9,74 Ferkel je Wurf mit einem durchschnittlichen Absetzgewicht pro Wurf von 8,2 kg pro Ferkel. Der Saugferkelverlust lag im Mittel bei ca. 21%, wobei die Spannweite zwischen 0% und 82,35% lag. Die Ergebnisse der späteren Versuchstiere lagen dabei im Bereich der Ferkel, die im gesamten Zeitraum geboren wurden. Die einzelnen Parameter werden nachfolgend besprochen und weiter analysiert.

Tabelle 5.1: Charakterisierung der Fruchtbarkeitsleistung

Merkmal	n	MW	SD	Minimum	Maximum
Wurfgröße	534	12,94	3,11	2,00	23,00
lebend geborene Ferkel	534	12,60	3,13	2,00	22,00
Geburtsgewicht d(0)					
- Wurf (kg)	512	19,90	5,03	3,50	36,60
- Geburtsgewicht (kg) der späteren Versuchstiere*	1291	1,69	0,39	0,78	3,50
- Ø Geburtsgewicht (kg) aller Ferkel/Wurf	512	1,62	0,30	0,96	2,83
abgesetzte Ferkel/Wurf	534	9,74	2,64	2,00	17,00
Absetzgewicht d(absetz)					
- Wurf (kg)	534	78,68	23,19	7,30	158,40
- Absetzgewicht der späteren Versuchstiere (kg)*	1831	8,21	1,63	1,70	13,74
- Ø Absetzgewicht aller Ferkel (kg)/Wurf	534	8,20	1,67	1,50	13,70
Saugferkel-Verluste in %	534	20,83	17,41	0,00	82,35

* Ferkel, die in der Mast und Schlachtleistung erfasst wurden

d(0)=Geburt

d(absetz)=Absetztag, 28 Tage nach Geburt

5.1.1.1 Vergleich der Fruchtbarkeitsleistung von Jung- und Altsauen

Da im Zuchtversuch insgesamt 33,5% der Würfe (179 Würfe von 534 Würfen) von Jungsauen stammten, wird nachstehend die Fruchtbarkeitsleistung nach Jungsauen und Altsauen differenziert dargestellt. Die Tabelle 5.2 zeigt die Verteilung der Würfe bezogen auf den Genotyp der Mutterlinie und auf die Gesamtzahl von 534 Würfen.

Tabelle 5.2: Verteilung der Würfe bezogen auf den Genotyp

ML	Jungsauen		Altsauen	
	n Würfe	Anteil (%)	n Würfe	Anteil (%)
21	37	21,4	136	78,6
42	11	40,7	16	59,3
142	56	35,0	104	65,0
241	48	48,5	51	52,5
261	27	36,0	48	66,0

ML=Mutterlinie; n= Anzahl

Der höchste Anteil an Würfen aus Jungsauen bestand bei den Linien 142 und 241, der geringste Anteil bei den Muttersauen der Linien 42. Die nachstehende Tabelle 5.3 zeigt die Fruchtbarkeitsleistungen, unterteilt nach Jungsauen und Altsauen.

Tabelle 5.3: Darstellung der Fruchtbarkeitsleistungen differenziert nach Jung- und Altsauen im Versuchszeitraum März 2008 bis November 2009 bezogen auf die geborenen Würfe (LS-means $\pm$ SEM)

Parameter	Jungsauen	n	Altsauen	n	sig ^a
	LS-means		LS-means		
lebend geborene Ferkel	11,76 $\pm$ 0,230	179	13,02 $\pm$ 0,163	355	***
tot geborene Ferkel	0,34 $\pm$ 0,061	179	0,34 $\pm$ 0,043	355	n.s.
tot geborene Ferkel (%)	2,88 $\pm$ 0,493	179	2,61 $\pm$ 0,350	355	n.s.
Wurfgröße	12,1 $\pm$ 0,228	179	13,34 $\pm$ 0,162	355	***
Geburtsgewicht Wurf (kg)	17,91 $\pm$ 0,361	178	20,97 $\pm$ 0,264	334	***
Ø Geburtsgewicht Ferkel (kg)	1,55 $\pm$ 0,022	178	1,65 $\pm$ 0,016	334	***
abgesetzte Ferkel	9,82 $\pm$ 0,198	179	9,71 $\pm$ 0,140	355	n.s.
Absetzgewicht Wurf (kg)	74,04 $\pm$ 1,717	179	81,02 $\pm$ 1,219	355	**
Ø Absetzgewicht aller Ferkel (kg) /Wurf	7,68 $\pm$ 0,122	179	8,47 $\pm$ 0,087	355	***
Saugferkelverluste (%)	15,45 $\pm$ 1,250	179	23,55 $\pm$ 0,887	355	***

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***=p<0,001, **=p<0,01, n.s. = nicht signifikant

Es bestanden deutliche Unterschiede insbesondere bei der Wurfgröße, den lebend geborenen Ferkeln sowie den Gewichten der Ferkel zum Zeitpunkt der Geburt und des Absetzens. Es zeigt sich, dass die Jungsauen kleinere Würfe mit geringeren Geburtsgewichten und nachfolgend niedrigeren Absetzgewichten brachten. Die Nivellierung der Jung- und Altsauen im Parameter abgesetzte Ferkel erklärt sich durch die hohen Saugferkelverluste.

Die Varianzanalysen für die oben genannten Parameter ergaben für die Jungsauen keinen statistisch abgesicherten Einfluss der Vater- oder Mutterlinie. Die beste Leistung zeigten die Jungsauen der Mutterlinie 241 mit den größten und schwersten Würfen. Die schlechteste Jungsauen-Leistung mit den kleinsten Würfen zeigten die Mutterlinien 21 und 261, die leichtesten Geburtsgewichte brachte die Mutterlinie 42. Ähnlich deutlich zeigen sich die

paternalen Effekte bei den Jungsauen. Aber trotz interessanter Tendenzen kann keine statistisch gesicherte Aussage getroffen werden, da eine zu geringe Zahl an Duroc-Würfen ausgewertet werden konnten. Die dazugehörige Tabelle 11.1 findet sich im Anhang.

In der nachstehenden Tabelle 5.4 ist die Varianzanalyse für die Parameter der Altsauen dargestellt. Es finden sich lediglich bei den tot geborenen Ferkeln ($p < 0,05$) sowie beim Geburtsgewicht ($p < 0,01$) signifikante Einflüsse der Mutterlinie.

Tabelle 5.4: Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht (kg) nach Mutterlinie (ML) und Vaterlinie (VL) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Wurfgröße	sig ^a	lebend geborene Ferkel	sig ^a	tot geborene Ferkel	sig ^a	% tot geborene Ferkel	sig ^a	Geburtsgewicht	sig ^a
VL	Pi	240	13,51 $\pm 0,273$	n.s.	13,14 $\pm 0,272$	n.s.	0,37 $\pm 0,074$	n.s.	2,82 $\pm 0,581$	n.s.	1,65 $\pm 0,028$	n.s.
	Du	115	13,36 $\pm 0,375$		13,12 $\pm 0,373$		0,24 $\pm 0,102$		1,59 $\pm 0,798$		1,64 $\pm 0,038$	
ML	21	136	13,42 $\pm 0,279$	n.s.	13,10 $\pm 0,278$	n.s.	0,32 ^{ab} $\pm 0,076$	*	2,35 ^{ab} $\pm 0,594$	*	1,63 ^{ab} $\pm 0,029$	**
	42	16	13,17 $\pm 0,807$		13,07 $\pm 0,803$		0,10 ^a $\pm 0,219$		0,63 ^a $\pm 1,716$		1,60 ^{ab} $\pm 0,080$	
	142	104	12,86 $\pm 0,369$		12,52 $\pm 0,367$		0,34 ^{ab} $\pm 0,100$		2,50 ^{ab} $\pm 0,785$		1,71 ^{ab} $\pm 0,036$	
	241	51	14,03 $\pm 0,438$		13,95 $\pm 0,435$		0,08 ^a $\pm 0,119$		0,50 ^a $\pm 0,931$		1,80 ^b $\pm 0,048$	
	261	48	13,70 $\pm 0,537$		13,03 $\pm 0,534$		0,67 ^b $\pm 0,146$		5,04 ^b $\pm 1,141$		1,51 ^a $\pm 0,053$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses **= $p < 0,01$, *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Die Anpaarung mit Duroc-Ebern bringt tendenziell etwas kleinere Würfe, mit gleichzeitig weniger tot geborenen Ferkeln. Das Geburtsgewicht ist nahezu identisch mit den Tieren aus Pietrain-Anpaarung.

Wie bei den Jungsauen wurden von der Mutterlinie 241 die größten und schwersten Würfe geboren. Die leichtesten Würfe finden sich bei der Mutterlinie 261. Die übrigen Genotypen unterscheiden sich nicht signifikant. Die höchste Zahl an tot geborenen Ferkeln bringen die Altsauen der Mutterlinie 261, die geringste Zahl die Mutterlinie 241 und 42.

In den Parameter des Absetzens waren keine signifikanten Unterschiede zu finden. Die detaillierten Tabellen 11.2 und 11.3 befinden sich im Anhang.

5.1.1.2 Einfluss des Genotyps auf Wurfgröße und Wurfcharakteristika

Die Wurfgröße umfasst die Summe der lebend und tot geborenen Ferkel. In der Varianzanalyse wurde ermittelt, dass die Mutterlinie schwache bis signifikante Einflüsse auf die Parameter Zahl und Prozentsatz tot geborener Ferkel (jeweils $p < 0,05$) sowie Geburtsgewicht aufweist ($p < 0,01$). Die Vaterlinie sowie die Interaktion zwischen beiden Faktoren haben keinen signifikanten Einfluss auf die genannten Parameter. Die varianzanalytische Auswertung und die geschätzten Mittelwerte (LS-means) für die Mutter- und Vaterlinie sind in Tabelle 5.5 zusammengefasst.

Tabelle 5.5: Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht (kg) nach Mutterlinie (ML) und Vaterlinie (VL) bezogen auf alle Würfe (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Wurfgröße	sig ^a	Lebend geborene Ferkel	sig ^a	tot geborene Ferkel	sig ^a	% tot geborene Ferkel	sig ^a	Geburtsgewicht	sig ^a
VL	Pi	410	12,79 $\pm 0,189$	n.s.	12,44 $\pm 0,189$	n.s.	0,36 $\pm 0,049$	n.s.	2,88 $\pm 0,397$	n.s.	1,59 $\pm 0,018$	n.s.
	Du	124	13,35 $\pm 0,365$		13,12 $\pm 0,365$		0,23 $\pm 0,095$		1,54 $\pm 0,768$		1,63 $\pm 0,036$	
ML	21	173	13,19 $\pm 0,258$	n.s.	12,83 $\pm 0,258$	n.s.	0,35 ^{ab} $\pm 0,067$	*	2,67 ^{ab} $\pm 0,542$	*	1,61 ^{ab} $\pm 0,026$	**
	42	27	12,64 $\pm 0,715$		12,52 $\pm 0,716$		0,12 ^a $\pm 0,187$		0,93 ^a $\pm 1,505$		1,56 ^a $\pm 0,069$	
	142	160	12,64 $\pm 0,326$		12,31 $\pm 0,326$		0,33 ^{ab} $\pm 0,085$		2,46 ^{ab} $\pm 0,686$		1,66 ^{ab} $\pm 0,031$	
	241	99	13,48 $\pm 0,341$		13,38 $\pm 0,341$		0,10 ^a $\pm 0,089$		0,63 ^a $\pm 0,718$		1,73 ^b $\pm 0,035$	
	261	75	13,40 $\pm 0,504$		12,84 $\pm 0,505$		0,56 ^b $\pm 0,132$		4,37 ^b $\pm 1,061$		1,50 ^a $\pm 0,049$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses **= $p < 0,01$, *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Die Würfe aus Besamungen mit Duroc waren tendenziell größer (0,56 Ferkel/Wurf) als die aus Besamungen mit Pietrain. Dies wird bei Betrachtung der lebend geborenen Ferkel sogar noch deutlicher, hier sind es 0,68 Ferkel/Wurf. Der Anteil der tot geborenen Ferkel in den Würfen aus Pietrain-Besamung war fast doppelt so hoch wie bei den Würfen aus Duroc-Besamungen. Allerdings waren alle Effekte der Vaterlinie statistisch nicht signifikant.

Die maternalen Einflüsse auf die tot geborenen Ferkel und das Geburtsgewicht konnten hingegen statistisch abgesichert werden. Die Würfe der Mutterlinien 241 und 261 waren größer als die der Mutterlinien 42 und 142 (absolute Differenz 241 vs. 42/142: 0,84 Ferkel/Wurf), was den Leistungen der Altsauen zuzurechnen ist. Dies verschiebt sich leicht bei der Betrachtung der lebend geborenen Ferkel, welche sich statistisch nicht absichern

ließ. Hier hatte die Mutterlinie 241 mit 13,38 lebend geborenen Ferkeln die höchsten Werte. Die Mutterlinie 261 hatte durch ihren hohen Anteil an tot geborenen Ferkeln in diesem Kriterium niedrige Werte und war nur im Mittelfeld zu finden. Die geringste Zahl an lebend geborenen Ferkeln wies die Mutterlinie 142 auf, da zusätzlich zur insgesamt niedrigen Wurfgröße noch 2,46% der Ferkel tot geboren wurden.

Bei Betrachtung der Wurfgröße aus der statistisch nicht signifikanten Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie zeigten sich die tendenziell größten Würfe aus den Besamungen der Mutterlinien 241 und 261 mit Duroc-Ebern. Die geringste Wurfgröße resultierte aus den Besamungen der Mutterlinien 261 mit Pietrain. Die Tabelle 11.4 findet sich im Anhang.

Die Wurfnummer hatte einen signifikanten Einfluss auf das Geburtsgewicht der Ferkel. Insgesamt stammten 179 Würfe von Jungsaugen, hier vor allem aus den Genotypen 241 und 142. Die nachstehende Abbildung 5.1 zeigt die Verteilung der Geburtsgewichte hinsichtlich der Wurfnummer. Es zeigte sich deutlich, dass die Ferkel aus den ersten Würfen der Jungsaugen ein niedrigeres Geburtsgewicht aufweisen, als die Ferkel aus den späteren Würfen der Altsauen. Der Unterschied zwischen den Geburtsgewichten aus dem ersten und zweiten Wurf ließ sich dabei signifikant ($p < 0,001$) absichern.

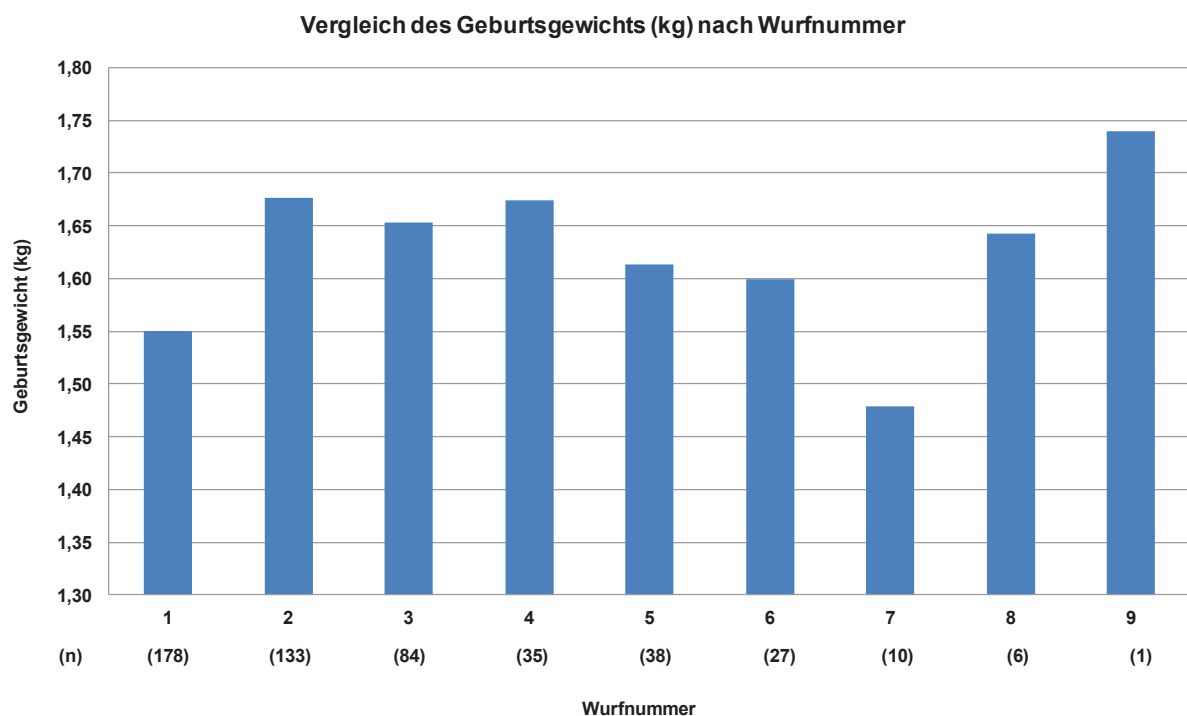


Abbildung 5.1: Geburtsgewichte (kg) nach Wurfnummer

5.1.1.3 Geburtsgewichte der weiter untersuchten Ferkel

Nachfolgend dargestellt werden die Geburtsgewichte der späteren Versuchsferkel. Die varianzanalytische Auswertung für das Geburtsgewicht der späteren Versuchstiere ergab, wie für die Gesamtbetrachtung, einen hoch signifikanten Einfluss der Mutterlinie ($p < 0,001$). Zusätzlich war der Einfluss des Geschlechts mit $p < 0,01$ signifikant. Auch die Interaktion Mutterlinie*Vaterlinie zeigte einen hoch signifikanten Einfluss mit $p < 0,001$. Die Vaterlinie sowie alle weiteren Interaktionen zeigten keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 5.6: Geburtsgewicht der im Mastversuch verwendeten Tiere nach Vaterlinie (VL), Mutterlinie (ML) und Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Geburtsgewicht Versuchstiere(kg)	sig ^a
VL	Pi	737	1,66 $\pm 0,015$	n.s.
	Du	482	1,67 $\pm 0,021$	
ML	21	283	1,71 ^{bc} $\pm 0,023$	***
	42	107	1,63 ^{ab} $\pm 0,042$	
	142	347	1,66 ^{ab} $\pm 0,021$	
	241	328	1,78 ^c $\pm 0,021$	
	261	154	1,55 ^a $\pm 0,032$	
GES	M	611	1,70 $\pm 0,018$	**
	W	608	1,63 $\pm 0,018$	

sig^a = Signifikanz des Einflusses ***= $p < 0,001$, **= $p < 0,01$, n.s. = nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten ein mittleres Geburtsgewicht von 1,67 kg, die Nachkommen der Pietrain-Eber waren im Mittel ca. 10 g leichter. Die Nachkommen der Mutterlinie 241 wiesen das insgesamt höchste Geburtsgewicht auf, die Nachkommen der Mutterlinie 261 sind am leichtesten. Der Vergleich der Geburtsgewichte der Versuchsferkel mit den Daten aller Ferkel zeigt (Tabelle 5.5 vs. 5.6), dass durch den Ausschluss der ganz leichten Tiere die Gewichte der Versuchstiere zwar tendenziell höher (ca. 0,07 kg) waren, die Ferkel aber repräsentativ ausgesucht wurden und das Durchschnittsniveau relativ gut widerspiegelt wird. Allerdings mit Ausnahme der Nachkommen der Mutterlinie 142, hier bleibt das Durchschnittsgewicht gleich.

Die nachstehende Abbildung 5.2 zeigt die Verteilung der Geburtsgewichte:

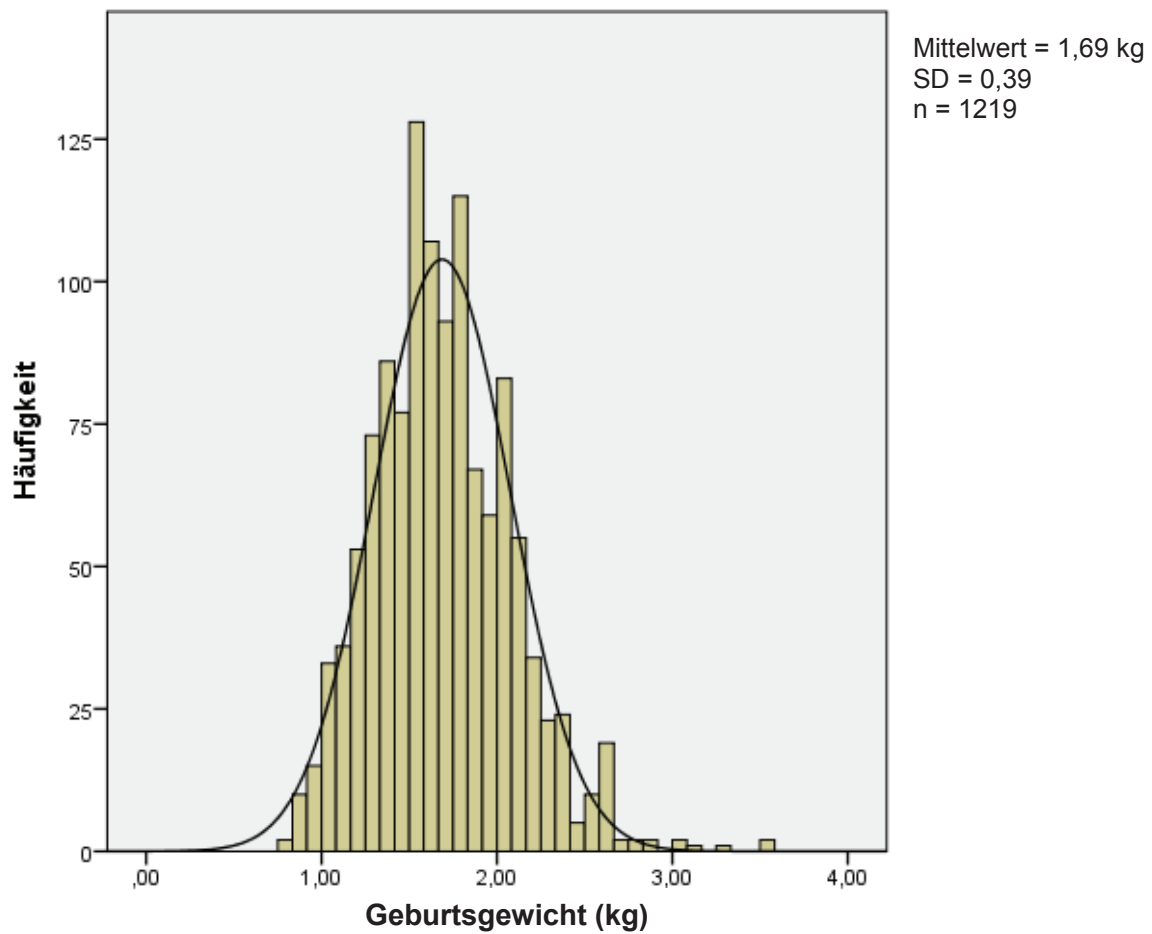


Abbildung 5.2: Verteilung der Geburtsgewichte der Versuchsferkel

Bei Unterteilung der Geburtsgewichte in 5 verschiedene Klassen (Aufteilung siehe nachstehende Tabelle 5.7), zeigten sich deutliche Unterschiede in der weiteren Entwicklung. Im Anhang befinden sich die Tabellen 11.5 mit den Ergebnissen aus den täglichen Zunahmen in der Mast, das Schlachalter, dem Muskelfleischanteil sowie dem Tropfsaftverlust nach Einteilung in die fünf Geburtsgewichtsklassen.

Tabelle 5.7: Einteilung der Tiere in verschiedene Geburtsgewichtsklassen

Gruppe	Gewichtsbereich	n	%
1	0,78 - 1,50 kg	424	34,8
2	1,51 - 1,70 kg	247	20,3
3	1,71 - 1,90 kg	220	18,0
4	1,91 - 2,10 kg	177	14,5
5	2,11 - 3,50 kg	151	12,4

Ebenso hat die Wurfgröße einen hoch signifikanten Einfluss auf das Geburtsgewicht (welches allerdings nur für die lebend geborenen Ferkel vorlag), was die nachstehende Abbildung 5.3 deutlich macht. Je kleiner die Würfe sind, desto höher sind die Geburtsgewichte. Dies hat einen großen Einfluss auf die täglichen Zunahmen, wie im Kapitel 5.1.5 näher erläutert wird.

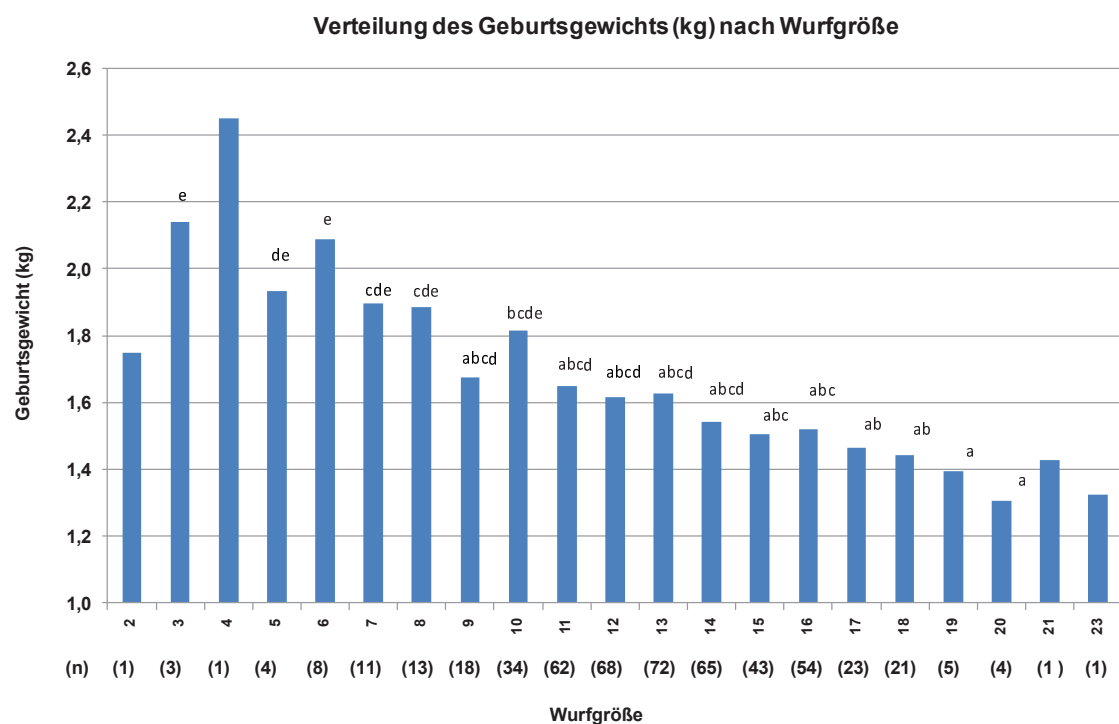


Abbildung 5.3: Einfluss der Wurfgröße auf das durchschnittliche Geburtsgewicht (kg) der Ferkel (ungleiche Buchstaben auf den Balken weisen auf signifikante Unterschiede hin)

5.1.1.4 Einfluss des Genotyps auf die Zahl der abgesetzten Ferkel und die Saugferkelverluste

In der Varianzanalyse zeigte sich ein schwach signifikanter Einfluss der Mutterlinie auf das durchschnittliches Absetzgewicht der Ferkel/Wurf ($p < 0,05$). Der Einfluss der Vaterlinie war statistisch nicht abzusichern. Für die Interaktion Mutterlinie*Vaterlinie lässt sich in den Merkmalen abgesetzte Ferkel sowie durchschnittliches Absetzgewicht der Ferkel/Wurf

ebenfalls ein schwach signifikanter Einfluss mit $p < 0,05$ ermitteln. Die Tabelle 5.8 zeigt die LS-means bezogen auf die Vater- und Mutterlinie pro Wurf.

Die Zahl der abgesetzten Ferkel sowie die Saugferkelverluste waren statistisch nicht signifikant. Die höchsten Absetzgewichte waren bei den Nachkommen der Mutterlinie 241 zu finden und sind dabei um ca. 800 g höher als bei den Nachkommen der Genotypen 261 und 42. Die geringste Zahl der abgesetzten Ferkel zeigte sich bei der Mutterlinie 42, die höchste Zahl an abgesetzten Ferkeln hatte die Mutterlinie 241. Die Linien 42 und 261 hatten die höchsten Saugferkelverluste.

Tabelle 5.8: Zahl der abgesetzten Ferkel, Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	abgesetzte Ferkel	sig ^a	Ø - Absetzgewichte je Ferkel (kg)	sig ^a	Saugferkelverluste (%)	sig ^a
VL	Pi	410	9,62 $\pm 0,159$	n.s.	8,09 $\pm 0,100$	n.s.	20,57 $\pm 1,048$	n.s.
	Du	124	9,80 $\pm 0,308$		8,39 $\pm 0,194$		23,61 $\pm 2,026$	
ML	21	173	9,78 $\pm 0,218$	n.s.	8,35 $\pm 0,137$	*	22,02 $\pm 1,430$	n.s.
	42	27	9,08 $\pm 0,604$		7,94 $\pm 0,381$		23,26 $\pm 3,970$	
	142	160	9,64 $\pm 0,275$		8,16 $\pm 0,174$		20,43 $\pm 1,811$	
	241	99	10,26 $\pm 0,288$		8,80 $\pm 0,182$		21,70 $\pm 1,894$	
	261	75	9,79 $\pm 0,426$		7,96 $\pm 0,268$		23,04 $\pm 2,800$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant

Bei Analyse der signifikanten Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie (siehe Tabelle 11.6 im Anhang), lässt sich bei der Kreuzung 261*Duroc die höchste Zahl (11,0 abgesetzte Ferkel) und bei der Kreuzung 42*Duroc die niedrigste mit 8,50 abgesetzten Ferkeln ermitteln. Dies ist partiell mit den Saugferkelverlusten erklärbar. Bei separater Auswertung der Alt- und Jungsaunen waren für Saunen des Genotyps 142 die höchste Zahl an abgesetzten Ferkeln nachweisbar (11,2), allerdings hatten die Ferkel niedrige Absetzgewichte. Bei diesem Genotyp waren die Saugferkelverluste am geringsten (siehe Tabellen 11.2 und 11.3 im Anhang).

5.1.2 Beziehung zwischen den Parametern der Fruchtbarkeit

Zwischen den untersuchten Merkmalen der Fruchtbarkeit konnten statistisch signifikante Beziehungen nachgewiesen werden. Die einzelnen Beziehungen sind in Tabelle 5.9 dargestellt. Dabei zeigten sich die prinzipiell bekannten Zusammenhänge. Das individuelle Geburtsgewicht der lebend geborenen Ferkel war mit der Wurfgröße negativ korreliert. Die Berechnung der Regressionsgleichung ergab eine Abnahme des Geburtsgewichtes um 42 g pro zusätzliches Ferkel/Wurf. Bei Unterteilung des Datensatzes nach Mutterlinien zeigte sich dies noch deutlicher. Bei den Nachkommen der Mutterlinie 241 nahm das Geburtsgewicht um 53 g pro zusätzlichen Ferkel/Wurf ab, bei den Nachkommen der Mutterlinie 261 nahm das Geburtsgewicht nur um 30 g pro zusätzlichen Ferkel / Wurf ab.

Das Geburtsgewicht korrelierte mit den Absetzgewichten positiv und ist damit eine hoch signifikante Determinante des Absetzgewichts. Das Absetzgewicht korrelierte entsprechend negativ mit der Wurfgröße. Die Saugferkelverluste korrelierten positiv mit der Wurfgröße, da das Geburtsgewicht negativ beeinflusst war.

Tabelle 5.9: Beziehungen zwischen den Merkmalen der Fruchtbarkeit

Parameter		lebend geborene Ferkel (n)	tot geborene Ferkel (n)	Ø Geburtsgewicht (kg)	Ø Absetzgewicht (kg)	Saugferkelverluste (%)
Wurfgröße (n)	r	0,966	0,106	-0,434	-0,233	0,441
	p<	0,001	0,014	0,001	0,001	0,001
	n	534	534	512	534	534
lebend geborene Ferkel (n)	r		-0,155	-0,404	-0,216	0,426
	p<		0,001	0,001	0,001	0,001
	n		534	512	534	534
tot geborene Ferkel (n)	r			-0,104	-0,058	0,044
	p<			0,018	0,183	0,310
	n			512	534	534
durchschnittliches Geburtsgewicht (kg)	r				0,457	-0,215
	p<				0,001	0,001
	n				512	512
durchschnittliches Absetzgewicht (kg)	r					0,061
	p<					0,158
	n					534

5.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fruchtbarkeitsparameter

Die Sauen der Dreiliniencreuzung 241 hatten die besten Fruchtbarkeitsergebnisse da sie die größte Zahl an lebend geborenen Ferkeln (13,38 Ferkel), die höchsten Geburtsgewichte (1,73 kg / Ferkel) sowie einem geringen Anteil an tot geborenen Ferkeln (0,63%) hatten. Die

schlechteste Fruchtbarkeit wurde bei Sauen der Dreilinienkreuzung 261 ermittelt, mit den niedrigsten Geburtsgewichten (1,50 kg / Ferkel) und dem höchsten Anteil an tot geborenen Ferkeln (4,37%). Die geringste Zahl an lebend geborenen Ferkeln (12,31 Ferkel) brachten die Sauen aus der Dreirassenkreuzung mit 142. Bei Berücksichtigung der Jung- und Altsauen in der Berechnung der Fruchtbarkeitsparameter zeigte sich, dass sich die Leistung der Jungsauen sich innerhalb der Genotypen nicht signifikant unterschied, die Leistung der Altsauen reflektierte die Ergebnisse der Gesamtbetrachtung. Bei Betrachtung der Zusammenhänge hatte das Geburtsgewicht einen Einfluss bis in die Mast, seine Bedeutung war allerdings abnehmend.

5.1.4 Wachstumsparameter

Aufgrund der frequenten Gewichtserfassung für die Versuchstiere konnten detaillierte Wachstumsparameter für die Säugezeit, die Aufzucht und Mast sowie für die gesamte Lebenszeit berechnet werden. Die Informationen zur Gewichtsentwicklung in den einzelnen Phasen finden sich detailliert in den Tabellen 11.7, 11.8 und 11.9 im Anhang. Tabelle 5.10 gibt einen Überblick über die nachfolgend ausgewerteten Parameter, die in den anschließenden Kapiteln weiter analysiert werden. Zu beachten ist, dass bei den Parametern aus der Säugezeit nur von 1/3 der Tiere und aus der Aufzucht nur Daten von ca. 2/3 der Tiere vorliegen.

Tabelle 5.10: Ergebnisse der Wachstumsparameter der Versuchstiere

Merkmal	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
tägliche Zunahmen Säugezeit (g)	1187	244,7	64,8	24,7	454,2
Absetzgewichte (kg)	1831	8,2	1,6	1,7	13,7
tägliche Zunahmen Aufzucht (g)	1831	462,6	62,7	194,8	841,5
tägliche Zunahmen Mast (g)	2355	850,3	106,4	507,8	1184,4
Lebenstagzunahme (g)	1218	659,3	57,6	462,2	834,1

5.1.4.1 Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen und Absetzgewichte

5.1.4.1.1 Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Säugezeit

In der folgenden Tabelle 5.11 sind die täglichen Zunahmen in g (LS-means, $\pm$ SEM) in der ca. vierwöchigen Säugezeit für 1187 untersuchte Tiere nach Vater- und Mutterlinie und Geschlecht dargestellt. Die varianzanalytische Auswertung der Daten ergab hoch signifikante Einflüsse von Vaterlinie ($p < 0,001$) und signifikante Einflüsse der Mutterlinie ($p < 0,01$), während das Geschlecht der Ferkel keinen signifikanten Einfluss hatte. Die

Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie hat einen schwach signifikanten Einfluss ($p<0,05$). Generell weisen Duroc-Nachkommen eine um 8,0% bessere Zunahme auf als Ferkel, die von Pietrain-Ebern abstammen. Dies ist auch bei Einbeziehung des Geburtsgewichts und der Wurfgröße als Kovariaten gleichbleibend (7,8% bzw. 9,8%).

Nachkommen der Mutterlinien 21 sowie 241 hatten die höchsten täglichen Zunahmen. Die geringsten Zunahmen erreichen die Nachkommen der Mutterlinien 261, 142 und 42. Sie waren um etwa 6% niedriger als bei den Nachkommen der oben genannten Linien. Bei Einbeziehung der Wurfgröße als hoch signifikante Kovariate wurde der Unterschied zwischen den Mutterlinien verstärkt und hoch signifikant. Er beträgt bei den täglichen Zunahmen der Nachkommen der Mutterlinien in der Säugezeit dabei bis zu 30 g (241 vs. 142). Die hoch signifikante Kovariate Geburtsgewicht drehte die Reihenfolge der Mutterlinien 142 und 42 um, der Einfluss der Mutterlinie wurde nicht signifikant.

Tabelle 5.11: Tägliche Zunahmen (g) während der Säugezeit nach Mutter (ML)-, Vaterlinie (VL) und Geschlecht (GES) sowie unter Berücksichtigung der Kovariaten Geburtsgewicht ($p<0.001$) und Wurfgröße ($p<0.001$) (jeweils LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Tägliche Zunahme (g)	sig ^a	Tägliche Zunahme (g; Kovariate Geburtsgewicht)	sig ^a	Tägliche Zunahme (g; Kovariate Wurfgröße)	sig ^a
VL	Pi	716	235,7 $\pm$ 2,609	***	237,0 $\pm$ 2,468	***	236,1 $\pm$ 3,261	***
	Du	471	254,6 $\pm$ 3,484		255,5 $\pm$ 3,294		259,2 $\pm$ 4,019	
ML	21	276	249,3 ^b $\pm$ 3,895	**	250,3 $\pm$ 3,681	n.s.	253,4 $\pm$ 4,238	***
	42	106	229,4 ^a $\pm$ 6,951		243,0 $\pm$ 6,575		244,2 $\pm$ 8,809	
	142	333	237,3 ^{ab} $\pm$ 3,638		240,3 $\pm$ 3,440		236,0 $\pm$ 4,052	
	241	324	255,1 ^b $\pm$ 3,567		251,1 $\pm$ 3,398		266,0 $\pm$ 4,120	
	261	148	240,1 ^{ab} $\pm$ 5,381		246,7 $\pm$ 5,121		238,7 $\pm$ 6,251	
GES	K	594	246,0 $\pm$ 3,062	n.s.	245,2 $\pm$ 2,894	n.s.	248,2 $\pm$ 3,626	n.s.
	W	593	244,3 $\pm$ 3,094		247,4 $\pm$ 2,935		247,2 $\pm$ 3,691	

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***= $p<0,001$, **= $p<0,01$, n.s. =nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Generell weisen Duroc-Nachkommen eine um 8,0% bessere Zunahme auf als Ferkel, die von Pietrain-Ebern abstammen. Dies bleibt auch bei Einbeziehung des Geburtsgewichts und der Wurfgröße als Kovariaten nahezu gleich (7,8% bzw. 9,8%).

Nachkommen der Mutterlinien 21 sowie 241 hatten die höchsten täglichen Zunahmen. Die geringsten Zunahmen erreichen die Nachkommen der Mutterlinien 261, 142 und 42. Sie waren um etwa 6% niedriger als bei den Nachkommen der oben genannten Linien. Bei Einbeziehung der Wurfgröße als hoch signifikante Kovariate wurde der Unterschied zwischen den Mutterlinien verstärkt und hoch signifikant. Er beträgt bei den täglichen Zunahmen der Nachkommen der Mutterlinien in der Säugezeit dabei bis zu 30 g (241 vs. 142). Bei Berücksichtigung der hoch signifikanten Kovariate Geburtsgewicht drehte die Reihenfolge der Mutterlinien 142 und 42 um, der Einfluss der Mutterlinie wurde nicht signifikant.

Bei der separaten Betrachtung der Nachkommen von den Jungsauen schwächt sich der Einfluss der Vaterlinie ab und war nur noch schwach signifikant ($p < 0,05$). Der Einfluss der Mutterlinie nimmt bei den Jungsauen insbesondere bei Einbeziehung der Kovariate Geburtsgewicht, stark zu. Die Nachkommen der Jungsauen aus den Mutterlinien 261 und 42 nehmen weitaus besser zu (10,4 g bzw. 10,2 g), die Nachkommen der Jungsauen aus den Linien 21, 142 und 241 haben geringere Zunahmen in der Säugezeit (9,5 g bzw. 17,9 g bzw. 10,0 g), als bei der Gesamtbetrachtung.

Die separate Betrachtung der Nachkommen von Altsauen zeigt ebenfalls einen abgeschwächten Einfluss ($p < 0,05$) der Vaterlinie, die Duroc-Nachkommen nehmen aber weiterhin besser zu. Der Einfluss der Mutterlinie schwächt sich, auch bei Einbeziehung der hoch signifikanten Kovariaten Geburtsgewicht und Wurfgröße, ab ($p < 0,05$ bzw. n.s. bzw. $p < 0,01$). Die täglichen Zunahmen in der Säugezeit steigen bei allen Nachkommen der Altsauen an. Ausnahme bilden die Nachkommen der Mutterlinie 261, diese nehmen um 9,5 g täglich weniger zu, als bei der Gesamtbetrachtung. Die Tabellen 11.10 und 11.11 mit den einzelnen Daten für die Jung- und Altsauen finden sich im Anhang.

5.1.4.1.2 Einfluss des Genotyps auf die Absetzgewichte

Die varianzanalytische Auswertung ergab hoch signifikante Einflüsse der Vater- und Mutterlinie sowie deren Interaktion ($p < 0,001$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln. Die nachstehende Tabelle 5.12 zeigt die einzelnen Absetzgewichte für die Faktoren Vater- und Mutterlinie sowie Geschlecht. Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten ein um 6,5% höheres Absetzgewicht als die Pietrain-Nachkommen. Die Nachkommen der Mutterlinien 241 hatten das insgesamt höchste Absetzgewicht, das niedrigste hatten die Nachkommen der Mutterlinie 261 mit 6% geringen Gewichten.

Tabelle 5.12: Absetzgewichte (kg) nach 28 Tagen Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Absetzgewichte in kg	sig ^a
VL	Pi	1325	8,00 $\pm$ 0,049	***
	Du	506	8,52 $\pm$ 0,086	
ML	21	466	8,45 ^b $\pm$ 0,080	***
	42	142	8,13 ^a $\pm$ 0,165	
	142	553	8,13 ^b $\pm$ 0,082	
	241	424	8,54 ^b $\pm$ 0,082	
	261	246	8,06 ^b $\pm$ 0,120	
GES	K	885	8,30 $\pm$ 0,069	n.s.
	W	946	8,22 $\pm$ 0,071	

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***=p<0,001, n.s. =nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Bei Betrachtung der statistisch signifikanten Interaktionen zeigen generell die Nachkommen der Duroc-Eber die höchsten Absetzgewichte, bis auf die Ausnahme der Nachkommen von der Kreuzung 261*Pietrain (8,20 kg), diese haben ein Absetzgewicht im Bereich der Duroc-Nachkommen. Die höchsten Absetzgewichte zeigen die Nachkommen von der Kombination Duroc*241 (8,92 kg), das geringste Absetzgewicht haben die Nachkommen von der Kreuzung 42*Pietrain (7,36 kg). Die zugehörige Tabelle 11.12 befindet sich im Anhang.

5.1.4.1.3 Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Aufzucht

Die täglichen Zunahmen während der Aufzucht konnten bei 1831 Tieren ermittelt werden. Auch hier ergab die Varianzanalyse, wie auch schon bei den täglichen Zunahmen während der Säugezeit, hoch signifikante Einflüsse der Vaterlinie. Der Einfluss der Mutterlinie war weiter hoch signifikant (jeweils p<0,001). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln. Die nachstehende Tabelle 5.13 zeigt die ermittelten LS-means für Mutter- und Vaterlinie sowie Geschlecht.

Tabelle 5.13: Tägliche Zunahmen (g) während der Aufzucht nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Tägliche Zunahme in g	sig ^a
VL	Pi	1325	460,3 $\pm$ 1,894	***
	Du	506	478,1 $\pm$ 3,312	
ML	21	466	452,8 ^a $\pm$ 3,068	***
	42	142	490,0 ^c $\pm$ 6,361	
	142	553	469,6 ^{ab} $\pm$ 3,169	
	241	424	474,7 ^{bc} $\pm$ 3,144	
	261	246	458,9 ^a $\pm$ 4,604	
GES	K	885	471,8 $\pm$ 2,666	n.s.
	W	946	466,6 $\pm$ 2,730	

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***=p<0,001, n.s. =nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Der Einfluss der Vaterlinie zeigte sich in einem Unterschied von ca. 18 g pro Tag zwischen den Duroc-Nachkommen und den Pietrain-Nachkommen, dies entspricht höheren täglichen Zunahmen in der Aufzucht von ca. 3%. Bei den Mutterlinien hatten die Tiere mit einem Leicoma-Anteil (241, 142, 42) generell höhere täglichen Zunahmen als die Nachkommen der Linien 21 und 261. Dabei hatten die Nachkommen der Mutterlinie 21 mit 452,8 g pro Tag die geringsten täglichen Zunahmen. Bemerkenswert ist, dass die Nachkommen der Linie 42 ausgehend von einem niedrigeren Absetzgewicht in der Aufzucht stark aufholen und mit 490,0 g an der Spitze liegen.

Die detaillierte Betrachtung der einzelnen Genotypen zeigte, dass die Nachkommen von der Besamung der Mutterlinie 42 mit Duroc-Eber die höchsten täglichen Zunahmen in der Aufzucht hatten (503,3 g). Die niedrigsten Zunahmen haben die Tiere aus der Kreuzung Pietrain*21 sowie Pietrain*261 (beide um 447 g). Allerdings waren diese Interaktionen statistisch nicht abzusichern (Tabelle 11.13).

Im Anhang finden sich die Auswertungen unter Berücksichtigung der Kovariaten Geburtsgewicht, Wurfgröße sowie Zahl der abgesetzten Ferkel (Tabelle 11.14). Auch hier

wurden signifikante Einflüsse von Geburtsgewicht, der Wurfgröße und der Zahl der abgesetzten Ferkel (jeweils $p < 0,001$) nachgewiesen, deren Berücksichtigung im Modell allerdings die nachfolgenden Aussagen nicht grundsätzlich modifiziert.

5.1.4.1.4 Einfluss des Genotyps auf die täglichen Zunahmen während der Mast

Die täglichen Zunahmen in der Mast konnten bei 2354 Tieren analysiert werden. Die Varianzanalyse ergab hoch signifikante Einflüsse der Vater- und Mutterlinie ($p < 0,001$). In diesem Kriterium wurde erstmals ein signifikanter Einfluss des Geschlechts ($p < 0,001$) deutlich. Die Interaktionen der Vaterlinie*Mutterlinie mit $p < 0,01$, und Vaterlinie*Geschlecht mit $p < 0,01$ sowie Mutterlinie*Vaterlinie*Geschlecht mit $p < 0,01$ hatten ebenfalls einen signifikanten Einfluss. Die Interaktion Mutterlinie*Geschlecht mit $p < 0,05$ war ebenso schwach signifikant abzusichern. Damit waren die Genotypen sowie das Geschlecht starke Determinanten dieser Leistung. In der nachstehenden Tabelle 5.14 sind die geschätzten Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 5.14: Tägliche Zunahmen während der Mast (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	tägliche Zunahme (g)	sig ^a
VL	Pi	1774	831 $\pm 2,667$	***
	Du	580	906,8 $\pm 4,990$	
ML	21	628	862,7 ^b $\pm 4,163$	***
	42	149	878,5 ^b $\pm 9,850$	
	142	743	877,0 ^b $\pm 4,593$	
	241	517	895,8 ^c $\pm 4,589$	
	261	317	830,5 ^a $\pm 6,624$	
GES	K	1118	885,3 $\pm 3,950$	***
	W	1236	852,6 $\pm 4,057$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Die täglichen Zunahmen in der Mast zeigten bei der Auswertung der Vaterlinien die gleiche Tendenz wie in der Säuge- und Aufzuchtzeit. Die Duroc-Nachkommen hatten eine um 9% höhere tägliche Zunahme als die Pietrain-Nachkommen und unterschieden sich noch stärker als in den vorausgegangenen Abschnitten. Bei den Mutterlinien zeigten sich wie in den vorhergegangenen Abschnitten Säugezeit und Aufzucht bei den Nachkommen mit Leicoma-Anteil höhere tägliche Zunahmen. Die Nachkommen der Mutterlinie 261 hatten im Vergleich dazu 7% geringere tägliche Zunahmen. Die Kastraten hatten ca. 3% höhere tägliche Zunahmen als die Sauen. Bei Betrachtung der täglichen Zunahmen von Säugezeit bis Mast zeigt sich, dass die Nachkommen der Mutterlinie 42 ihre steigenden Zunahmen halten konnten. Die Tiere aus der Mutterlinie 241 lagen in allen drei Abschnitten über dem Durchschnitt. Die Nachkommen der Mutterlinie 261 fielen dagegen zurück. Die nachstehende Abbildung 5.4 zeigt die Unterschiede in den täglichen Zunahmen innerhalb der Mutterlinien. Die gestrichelten Linien verdeutlichen die Mittelwerte.

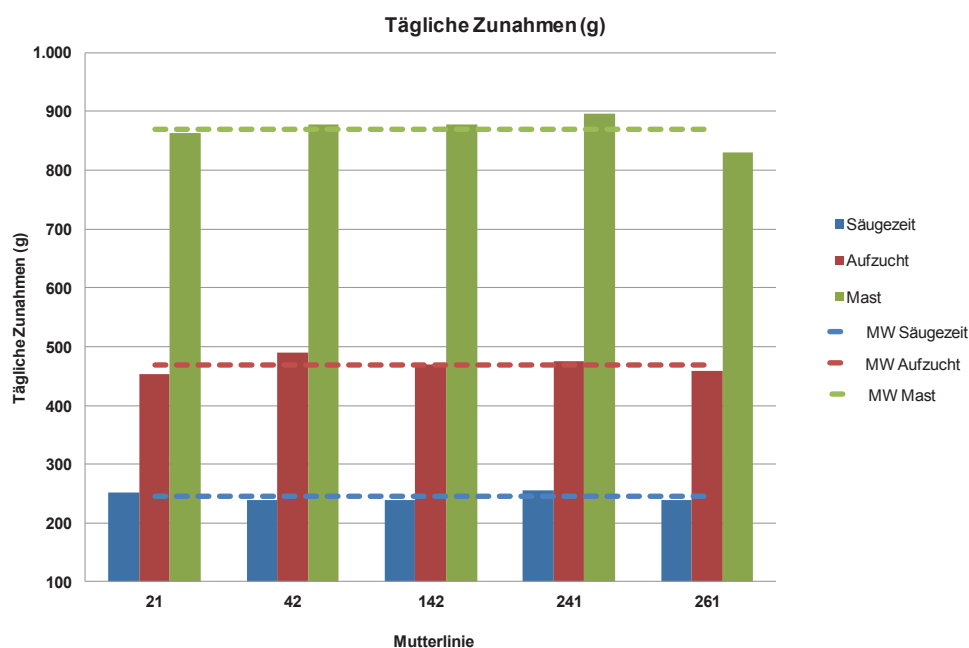


Abbildung 5.4: Übersicht über den Einfluss der Mutterlinie auf die täglichen Zunahmen (g) in der Säugezeit, Aufzucht und Mast

Die Auswertung der Interaktionen bestätigte prinzipiell die dargestellten Beziehungen, lediglich wenn die Interaktionen Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht analysiert wurden, zeigte sich, dass die Unterschiede in den täglichen Zunahmen stark mit dem Geschlecht zusammenhängen. Die Unterschiede in den täglichen Zunahmen zwischen Kastraten und weiblichen Tieren lag bei 6,2%. Die weiblichen Tiere nahmen dabei weniger stark zu. Bei der vertieften Betrachtung der einzelnen Genotypen zeigten sich die großen Spannweiten. Im Vergleich der geringsten mit den höchsten Zunahmen ergaben sich innerhalb der Pietrain-

Nachkommen 10,8% (86,0 g) Unterschied. Dabei hatten die weiblichen Nachkommen der Kreuzung Pietrain*21 mit 790,7 g die geringsten täglichen Zunahmen und die männlichen Nachkommen der Kreuzung Pietrain*241 mit 876,7 g die höchsten täglichen Zunahmen. Bei den Duroc-Nachkommen ist diese Spanne mit 15% Unterschied (125,2 g) noch größer. Die weiblichen Nachkommen der Kreuzung Duroc*261 hatten mit 821,2 g die geringsten täglichen Zunahmen, die männlichen Nachkommen der Kreuzung Duroc*241 mit 946,4 g die höchsten täglichen Zunahmen. Im Anhang findet sich die Tabelle 11.15 mit den einzelnen Werten aus dieser Auswertung. Da die Tiere auf das Zielgewicht von 113-120 kg gemästet wurden, ist die Mastdauer entsprechend den täglichen Zunahmen. Im Anhang findet sich die Tabelle 11.16 mit der Mastdauer der einzelnen Genotypen.

5.1.4.1.5 Einfluss des Genotyps auf die Lebendtagzunahmen

Die Lebendtagzunahmen konnten nur bei etwa der Hälfte der Tiere ermittelt werden, sie summiert die Leistungen aller Abschnitte. In der Varianzanalyse zeigten sich starke signifikante Einflüsse von Vaterlinie, Mutterlinie, Geschlecht sowie der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie ($p<0,001$). Die Interaktion zwischen Vaterlinie*Geschlecht ($p<0,01$) und die Interaktion zwischen allen drei festen Faktoren Vaterlinie, Mutterlinie und Geschlecht ($p<0,05$) waren ebenfalls statistisch abzusichern. Die nachstehende Tabelle 5.15 zeigt die LS-means nach Vater- und Mutterlinie sowie Geschlecht.

Tabelle 5.15: Lebendtagzunahme (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	tägliche Zunahme (g)	sig ^a
VL	Pi	737	641,3 $\pm$ 2,084	***
	Du	481	682,8 $\pm$ 2,796	
ML	21	283	657,7 ^{ab} $\pm$ 3,111	***
	42	107	667,8 ^{ab} $\pm$ 5,613	
	142	346	665,4 ^{bc} $\pm$ 2,890	
	241	328	675,9 ^c $\pm$ 2,868	
	261	154	643,6 ^a $\pm$ 4,270	
GES	K	611	668,5 $\pm$ 2,455	***
	W	607	655,6 $\pm$ 2,477	

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***= $p<0,001$

ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Auch im reduzierten Datensatz lagen die Duroc-Nachkommen signifikant um 6% höher in den täglichen Zunahmen als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Die drei Mutterlinien mit Leicoma-Anteil wiesen, resultierend aus der guten Zunahme in der Aufzucht und Mast, die höchsten täglichen Zunahmen auf, wobei die Nachkommen von den Mutterlinien 241 und 42 noch etwas schneller wuchsen als die der Mutterlinie 142. Insgesamt führt ein steigender DL-Anteil mit gleichzeitiger Einkreuzung der Schwäbisch-Hällischen-Genetik zu sinkenden täglichen Zunahmen. Die niedrigsten Werte haben somit die Nachkommen von 261 (5% geringer). Die weiblichen Tiere nahmen täglich ca. 3% weniger zu als die Kastraten.

Wenn Interaktionen berücksichtigt wurden, verstärkten sich die Unterschiede zwischen den Vaterlinien. Dies wurde insbesondere im Fall der weiblichen Tiere deutlich, wie bereits im Kapitel 5.1.4.1.4 beschrieben. Auffallend ist, dass die weiblichen Tiere der Mutterlinie 42 aus der Besamung mit Duroc höhere Lebendtagzunahmen als die Kastraten aus dieser Kreuzung aufwiesen. Die nachstehende Abbildung 5.5 zeigt die Unterschiede der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht. Die rote Linie beschreibt den Durchschnittswert der Lebendtagzunahmen.

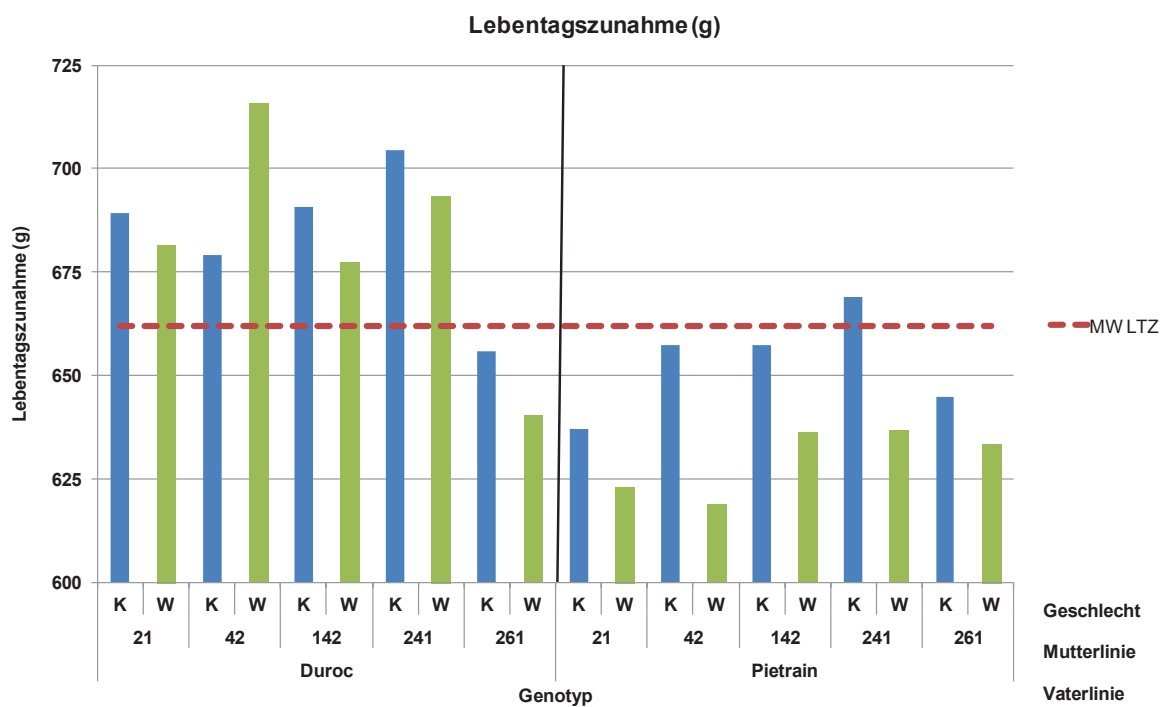


Abbildung 5.5: Darstellung der Lebentagszunahme (g) für die Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht (K=Kastrat, W=Weiblich)

5.1.5 Beziehung zwischen den Parametern des Wachstums

Für die Analyse der Beziehungen zwischen Merkmalen des Wachstums wurden von 50% der Tiere komplette Datensätze erhoben.

Zwischen dem Geburtsgewicht und den untersuchten Wachstumsparametern bestanden mit Ausnahme der täglichen Gewichtszunahmen (TZN) in der Aufzucht signifikant hohe Beziehungen (siehe Tabelle 5.16).

Tabelle 5.16: Beziehungen zwischen den Merkmalen des Wachstums

Parameter		Gewicht nach 21 Tagen (kg)	Absetzgewicht (kg)	tägliche Zunahme in der Sägezeit (g)	Tägliche Zunahme in der Aufzucht (g)	tägliche Zunahme in der Mast (g)	Lebendtagszunahme (g)
Geburtsgewicht (kg)	r	0,456	0,474	0,340	-0,024	0,220	0,274
	p<	0,001	0,001	0,001	0,410	0,001	0,001
	n	742	1187	1187	1187	1219	1218
Gewicht nach 21 Tagen (kg)	r		0,723	0,653	-0,010	0,075	0,193
	p<		0,001	0,001	0,001	0,01	0,001
	n		726	724	726	744	742
Absetzgewicht (kg)	r			0,900	-0,168	0,176	0,279
	p<			0,001	0,001	0,001	0,001
	n			1187	1831	1831	1187
tägliche Zunahme in der Sägezeit (g)	r				-0,250	0,149	0,299
	p<				0,001	0,001	0,001
	n				1187	1187	1187
tägliche Zunahme in der Aufzucht (g)	r					0,163	0,310
	p<					0,001	0,001
	n					1831	1187
tägliche Zunahme in der Mast (g)	r						0,932
	p<						0,001
	n						1218

Bei Auswertung der einzelnen Genotypen zeigten die Mutterlinien 21 und 142 allerdings eine negative Korrelation ($r=-0,132^{**}$ und $r=-0,123^{**}$). Die lineare Regression zeigte, dass pro 100 g mehr Geburtsgewicht die Tiere eine um 6,0 g höhere tägliche Zunahme in der Sägephase hatten. Gleichzeitig hatten die Tiere um 3,6 g höhere tägliche Zunahmen in der Mast und um 4,3 g höhere tägliche Lebendtagzunahme. Dies zeigt, dass der Parameter Geburtsgewicht bis in die Mast hinein signifikante Auswirkungen auf die weitere Gewichtsentwicklung hatte, seine Bedeutung war allerdings abnehmend.

Es bestanden zwischen den meisten Wachstumsparametern positive Korrelationen. Ausnahme stellte die Beziehung zwischen den täglichen Zunahmen in der Säugezeit und der täglichen Zunahme in der Aufzucht dar, die signifikant negativ korreliert war. Damit deutet sich an, dass Tiere mit geringen täglichen Zunahmen in der Säugezeit eine gewisse Kompensation des Wachstumsrückstandes in der Aufzucht erzielen konnte, während Ferkel mit hohen täglichen Zunahmen in der Säugezeit eher in der Phase der Aufzucht zurückfielen. Dies bestätigt die Auswertung der Korrelationen nach den verwendeten Genotypen, die Mutterlinie 42 zeigte hier keinen statistisch abzusichernden Zusammenhang zwischen den täglichen Zunahmen in der Aufzucht und den genannten Parametern. Bei den Nachkommen der Mutterlinie 21 fanden sich in allen Parametern signifikante Zusammenhänge.

Da sich die Lebendtagzunahme aus den vorangegangenen Abschnitten ergibt, sind zu allen Parametern hoch signifikante Beziehungen vorhanden. Die Lebendtagzunahme wird bis zu 80% aus der Mast bestimmt, dies zeigt die hoch signifikante Korrelation.

5.1.6 Zusammenfassung der Analyse der Wachstumsparameter

Die Vaterlinie hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf die täglichen Zunahmen in der Säugezeit, die Duroc-Nachkommen nahmen um 8,0% besser zu, als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Ebenso hatten die Duroc-Nachkommen die höheren Absetzgewichte (6,5%), was sich hoch signifikant zu den Pietrain-Nachkommen unterschied. Die täglichen Zunahmen in der Aufzucht sind bei den Duroc-Nachkommen ebenfalls um 3,8% hoch signifikant besser. Die Duroc-Nachkommen brachten um 9% hoch signifikant bessere täglichen Zunahmen in der Mast und damit ein geringeres Schlachttalter, wobei sich der Unterschied im Laufe des Wachstums gegenüber den Nachkommen der Pietrain-Eber verringerte. Er blieb allerdings hoch signifikant.

Die Nachkommen der Mutterlinie 241 hatten die höchsten täglichen Zunahmen in der Säugezeit und damit um 6% höhere Absetzgewichte, als die Nachkommen der 261, die die insgesamt geringsten Absetzgewichte brachten. Die um 11,4% geringsten täglichen Zunahmen in der Säugezeit hatten die Nachkommen von der Mutterlinie 42. In den täglichen Zunahmen in der Aufzucht hatten die Nachkommen von den Mutterlinien mit Leicoma-Anteil um bis zu 8,2% hoch signifikant bessere tägliche Zunahmen (452,8 g vs. 490,0 g). Der Einfluss der Mutterlinie auf die Absetzgewichte war hoch signifikant. Die Nachkommen mit Leicoma-Anteil hatten um bis zu 7% bessere tägliche Zunahmen in der Mast, als die Nachkommen von der Mutterlinie 261. Insgesamt bestanden positive Zusammenhänge zwischen den Parametern des Wachstums. Die Ausnahme bildete die tägliche Zunahme in der Aufzucht, die statistisch negative Zusammenhänge zeigte.

5.1.7 Schlachtleistung im Teilversuch 1

Der Schwerpunkt der folgenden Auswertung stellt die Analyse des Muskelfleischanteils dar. Das Schlachtgewicht dient ausschließlich zur Korrektur und wird somit als Kovariate eingesetzt. Die Tabelle 5.17 zeigt die Mittelwerte, die Spannweite sowie die Minimal- und Maximalwerte.

Tabelle 5.17: Übersicht Schlachtleistung der Versuchstiere (Muskelfleischanteil (%), Ausschachtung (%), Schlachtgewicht (kg)) im Teilversuch 1

Parameter	n	MW	SD	Minimum	Maximum
Ausschlachtung (%)	1083	77,63	2,41	66,55	85,19
Muskelfleischanteil (%)	1083	58,26	3,51	44,30	67,10
Schlachtgewicht (kg)	1083	91,22	5,34	67,40	113,30

Die Varianzanalyse ergab hoch signifikante Einflüsse für die Vaterlinie bei Ausschachtung und Muskelfleischanteil ($p < 0,001$), für die Mutterlinie nur beim Muskelfleischanteil ($p < 0,001$) und für das Geschlecht bei beiden Parametern ($p < 0,001$). Die nachstehende Tabelle 5.18 veranschaulicht die Ergebnisse:

Tabelle 5.18: Ausschachtung (%) und Muskelfleischanteil (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL), sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) im Teilversuch 1 mit Kovariate Schlachtgewicht (SG=91,22 kg)

Fester Faktor	Codierung	n	Ausschlachtung (%) Kovariate SG ($p < 0,05$)	sig ^a	MFA (%) Kovariate SG ($p < 0,01$)	sig ^a
VL	Pi	798	78,00 $\pm 0,095$	***	58,99 $\pm 0,120$	***
	Du	285	76,59 $\pm 0,181$		55,53 $\pm 0,228$	
ML	21	293	77,14 $\pm 0,136$	n.s.	57,03 ^a $\pm 0,172$	***
	42	62	77,13 $\pm 0,375$		56,53 ^{ab} $\pm 0,474$	
	142	369	77,2 $\pm 0,153$		57,17 ^{bc} $\pm 0,193$	
	241	221	77,2 $\pm 0,170$		58,24 ^c $\pm 0,215$	
	261	138	77,79 $\pm 0,222$		57,33 ^{abc} $\pm 0,280$	
GES	K	510	76,79 $\pm 0,141$	***	56,14 $\pm 0,178$	***
	W	573	77,79 $\pm 0,148$		58,37 $\pm 0,187$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, n.s. = nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

Die Vaterlinie hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf die Ausschlächtung, die Nachkommen der Pietrain-Eber hatten eine um 1,41% höhere Ausschlächtung als die Nachkommen der Duroc-Eber. Zwischen den Geschlechtern zeigten sich erwartungsgemäß hoch signifikante Unterschiede.

Der Einfluss der Vaterlinie ist auch für den Muskelfleischanteil hoch signifikant. Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten 3,46% weniger Muskelfleischanteil als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Auch der Einfluss der Mutterlinien ist für diesen Parameter hoch signifikant, den höchsten Muskelfleischanteil hatten die Nachkommen der Mutterlinie 241, einen um 1,71% niedrigeren fand sich bei den Nachkommen der Mutterlinie 42. Die weiblichen Tiere hatten wie erwartet einen um 2,23% höheren Muskelfleischanteil als die Kastraten ($p < 0,001$).

Die Analyse der Interaktionen zeigt, dass die Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*241 den höchsten Muskelfleischanteil haben. Die nachstehende Abbildung 5.6 gibt einen Überblick über den Muskelfleischanteil der untersuchten Kreuzungsprodukte, wobei das Schlachtgewicht als Kovariate berücksichtigt wurde. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

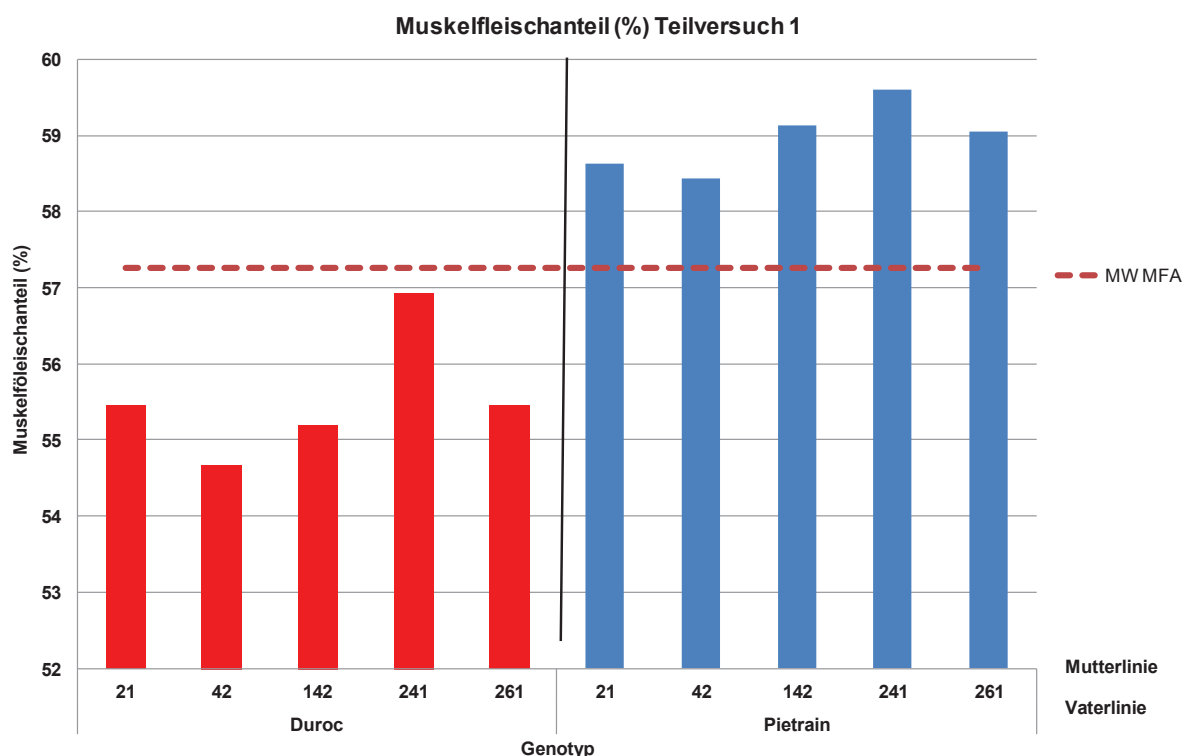


Abbildung 5.6: Muskelfleischanteil (%) bei den untersuchten Genotypen (LS-means, Kovariate Schlachtgewicht), Interaktion Genotyp, Teilversuch 1

5.1.8 Beziehungen zwischen den Schlachtleistungs- und Wachstumsparametern im Teilversuch 1

Die nachstehende Tabelle 5.19 zeigt die Beziehungen zwischen den Ergebnissen der Schlachtleistung im Teilversuch 1 und den Wachstumsparametern.

Tabelle 5.19: Beziehungen zwischen der Schlachtleistung und des Wachstums im Teilversuch 1

Parameter		tägliche Zunahme Aufzucht (g)	tägliche Zunahme Mast (g)	Lebendtagzunahme (g)	Ausschlachtung (%)	Muskelfleischanteil (%)
Geburtsgewicht (kg)	r	-0,045	0,208	0,247	-0,141	-0,049
	p<	0,277	0,001	0,001	0,001	0,251
	n	580	588	587	550	550
tägliche Zunahme Aufzucht (g)	r		0,173	0,327	-0,111	-0,036
	p<		0,001	0,001	0,001	0,278
	n		963	580	914	914
tägliche Zunahme Mast (g)	r			0,944	-0,363	-0,362
	p<			0,001	0,001	0,001
	n			587	1083	1083
Lebendtagzunahme (g)	r				-0,332	-0,311
	p<				0,001	0,001
	n				549	549
Ausschlachtung (%)	r					0,322
	p<					0,001
	n					1083

Der signifikante Einfluss des Geburtsgewichts geht, wie schon in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, bis zur Ausschlachtung. Allerdings ist seine Bedeutung abnehmend, die Korrelation zur Ausschlachtung ist negativ. Das bedeutet, dass je höher das Geburtsgewicht ist, die Ausschlachtung geringer wird. Die täglichen Zunahmen in der Mast sowie die Lebendtagzunahmen hatten einen hoch signifikanten negativen Zusammenhang zur Ausschlachtung und dem Muskelfleischanteil. Bei separater Betrachtung der Zusammenhänge nach Vaterlinien, besteht bei den Duroc-Nachkommen kein signifikanter Zusammenhang zwischen den täglichen Zunahmen in der Mast und in der Lebendtagzunahme zum Muskelfleischanteil.

5.1.9 Schlachtleistung im Teilversuch 2

Auch im Teilversuch 2 wird die Schlachtleistung mit den in Tabelle 5.20 aufgeführten Parametern beschrieben. Es zeigten sich wie im Teilversuch 1 große Spannweiten bei den Parametern. Das Schlachtgewicht dient im Folgenden lediglich als Korrekturfaktor.

Tabelle 5.20: Übersicht Schlachtleistung der Versuchstiere (Muskelfleischanteil (%), Ausschachtung (%), Schlachtgewicht (kg)) im Teilversuch 2

Parameter	n	MW	SD	Minimum	Maximum
Ausschlachtung (%)	240	78,87	2,03	72,70	84,30
Muskelfleischanteil (%)	240	56,09	3,71	46,50	64,50
Schlachtgewicht (kg)	240	92,22	3,60	76,20	102,40

Die varianzanalytische Auswertung ergab einen statistisch signifikanten Einfluss der Vaterlinie auf die Ausschachtung und den Muskelfleischanteil ($p < 0,001$). Die Mutterlinie hat keinen signifikanten Einfluss. Mit $p < 0,01$ ist der Einfluss des Geschlechts bei der Ausschachtung und dem Muskelfleischanteil signifikant. Die nachstehende Tabelle 5.21 zeigt die LS-means für den Muskelfleischanteil und die Ausschachtung.

Tabelle 5.21: Ausschachtung (%) und Muskelfleischanteil (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL), sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM) im Teilversuch 2 mit Kovariate Schlachtgewicht (Ausschlachtung: Einfluss SG $p < 0,001$; MFA: Einfluss SG $p < 0,05$)

Fester Faktor	Codierung	n	Ausschlachtung	sig ^a	MFA	sig ^a
VL	Pi	160	79,31 $\pm 0,168$	***	56,78 $\pm 0,301$	***
	Du	80	78,12 $\pm 0,232$		54,42 $\pm 0,417$	
ML	21	52	78,34 $\pm 0,270$	n.s.	55,52 $\pm 0,484$	n.s.
	42	22	78,84 $\pm 0,432$		54,84 $\pm 0,775$	
	142	63	78,47 $\pm 0,263$		56,05 $\pm 0,473$	
	241	54	78,94 $\pm 0,298$		55,78 $\pm 0,535$	
	261	49	78,96 $\pm 0,308$		55,8 $\pm 0,553$	
GES	K	116	78,29 $\pm 0,204$	**	54,86 $\pm 0,366$	**
	W	124	79,13 $\pm 0,201$		56,33 $\pm 0,361$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, **= $p < 0,01$, n.s. =nicht signifikant

Die Ausschlachtung ist bei den Pietrain-Nachkommen um 1,19% höher. Ebenso hatten die weiblichen Tiere einen um 0,84% höhere Ausschlachtung als die Kastraten. Der paternale Einfluss auf den Muskelfleischanteil wird sehr deutlich, die Pietrain-Nachkommen hatten einen um 2,36% höheren Muskelfleischanteil als die Duroc-Nachkommen. Der höchste Muskelfleischanteil fand sich bei den Nachkommen der Mutterlinie 261, gefolgt von den Nachkommen der Mutterlinie 241. Den geringsten MFA hatten die Nachkommen der Mutterlinie 42.

Bei Betrachtung der Interaktionen zeigten sich die höchsten Muskelfleischanteile aus der Kreuzung Pietrain*21, den geringsten Muskelfleischanteil hatten die Tiere aus der Kreuzung Duroc*42. Die nachstehende Abbildung 5.7 zeigt die einzelnen Muskelfleischanteile für die Interaktion zwischen Mutter- und Vaterlinie, es ergab sich keine Signifikanz.

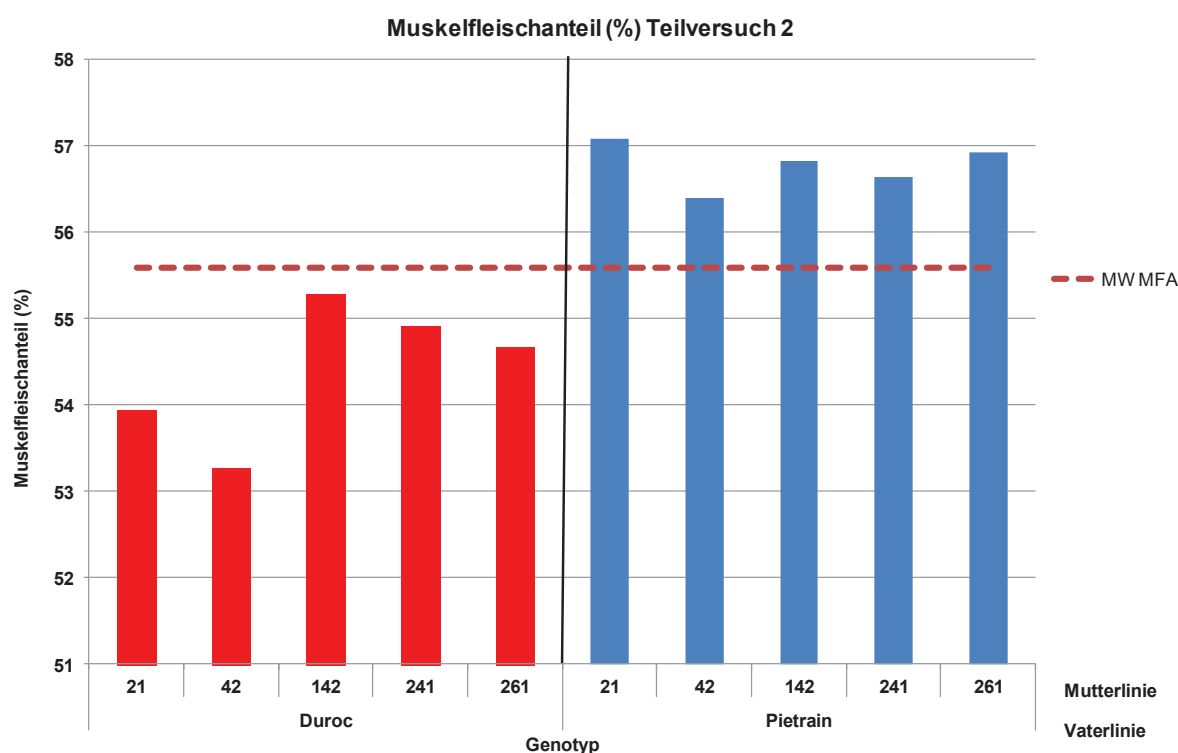


Abbildung 5.7: Muskelfleischanteil (%) bei den untersuchten Genotypen (LS-means, Kovariate Schlachtgewicht), Interaktion Genotyp, Teilversuch 2

5.1.10 Beziehungen zwischen den Schlachtleistungs- und Wachstumsparametern im Teilversuch 2

Die nachstehende Tabelle 5.22 zeigt die Beziehungen zwischen den Merkmalen der Schlachtleistung und Einflüsse des Wachstumsverlaufs im Teilversuch 2. Wie im Teilversuch 1 nimmt der Einfluss des Geburtsgewichtes ab, allerdings fand sich kein signifikanter Zusammenhang mehr zur Ausschachtung. Der Muskelfleischanteil korrelierte lediglich mit der Ausschachtung positiv, weitere Beziehungen zu den Merkmalen des Wachstums bestanden nur schwach (negativ zu den täglichen Zunahmen in der Mast). Die Ausschachtung korrelierte hoch signifikant negativ mit den täglichen Zunahmen in der Mast und der Lebendtagzunahme.

Tabelle 5.22: Beziehungen zwischen der Schlachtleistung und des Wachstums im Teilversuch 2

Parameter		tägliche Zunahme Aufzucht (g)	tägliche Zunahme Mast (g)	Lebendtagzunahme (g)	Ausschlachtung (%)	Muskelfleischanteil (%)
Geburtsgewicht (kg)	r	0,068	0,320	0,346	-0,135	-0,086
	p<	0,449	0,001	0,001	0,131	0,337
	n	126	127	127	126	126
tägliche Zunahme Aufzucht (g)	r		0,237	0,359	-0,095	0,016
	p<		0,001	0,001	0,196	0,826
	n		191	126	189	189
tägliche Zunahme Mast (g)	r			0,946	-0,396	-0,186
	p<			0,001	0,001	0,001
	n			127	236	236
Lebendtagzunahme (g)	r				-0,380	0,145
	p<				0,001	0,105
	n				126	126
Ausschlachtung (%)	r					0,235
	p<					0,001
	n					238

5.1.11 Einfluss des Genotyps auf die Ergebnisse der Detailanalyse im Teilversuch 2

In der nachstehenden Tabelle 5.23 finden sich die einzelnen Parameter aus der Detailanalyse der Schlachtkörper für die Vaterlinie, die Mutterlinie, das Geschlecht sowie für die Interaktionen Vaterlinie*Geschlecht und Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht für die ein statistischer Einfluss nachweisbar war. Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln.

Tabelle 5.23: Signifikante Parameter aus der Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) sowie deren Interaktionen

Faktor	Signifikanz		
	p<0,001	p<0,01	p<0,05
Vaterlinie	Fleisch: Fettverhältnis (1:x) Schinkenstück (%) Schinkenanteil (%) Kamm/ Kotelett (%) Bug (%) Anteil wertvoller Teilstücke (%) Bauch (% nach Gruber Formel)	Rückenspeckdicke Ø (cm) Bauchgewicht (kg) korrigierte Fettfläche (cm ²)	Flomengewicht (kg) Schinkenspeck (cm)
Mutterlinie	Schlachtkörperlänge (cm)	korrigierte Fettfläche (cm ²)	-
Geschlecht	korrigierte Fettfläche (cm ²)	Rückenspeckdicke Ø (cm) Fleisch: Fettverhältnis (1:x) Anteil der wertvollen Teilstücke (%) Kotelett (%) Bauch (% nach Gruber Formel)	Schinkenstück (%)
VL*GES	-	-	Kotelett (%) Bauchpunkte Schinkenspeck (kg) Flomengewicht (kg)
VL*ML*GES	-	Bauchpunkte	-

Der Einfluss der Vaterlinie ließ sich insbesondere in den Kriterien der Muskelbildung und in der Fettbildung nachweisen. Die Duroc-Nachkommen hatten ein Fleisch: Fettverhältnis von 1:0,40, die Pietrain-Nachkommen von 1:0,33. Das Schinkenstück der Pietrain-Nachkommen war um 3,3% größer, der Bug um 4,5% größer und der Anteil der wertvollen Teilstücke war um 4,0% höher. Ebenso war der Kamm/Kotelett-Anteil um 3,8% höher. Der Muskelfleischanteil im Bauch nach der Gruber Formel zeigte einen um 4,2% höheren Wert für die Nachkommen des Pietrain-Ebers.

Der Einfluss der Mutterlinien auf die Schlachtkörperkriterien war insbesondere für die Schlachtkörperlänge und die Fettbildung deutlich. Die Nachkommen der Mutterlinien 241, 261 und 21 hatten einen signifikant längeren Schlachtkörper als die Nachkommen der Linie 42. Die Nachkommen der Linie 142 unterschieden sich in ihrer Schlachtkörperlänge nicht von den anderen Genotypen. Bei den Nachkommen der Mutterlinie 261 und 142 fanden sich den größten Anteil des Schinkens, die Nachkommen der Mutterlinien 21 und 241 hatten den geringsten Anteil an Schinken. Die korrigierte Fettfläche war bei den Nachkommen der

Mutterlinie 42 signifikant am höchsten ($20,07 \text{ cm}^2$), die signifikant geringste korrigierte Fettfläche wiesen die Nachkommen der Mutterlinie 241 ($16,63 \text{ cm}^2$) auf. Die Nachkommen der Mutterlinien 241 und 142 hatten den höchsten Anteil an wertvollen Teilstücken (56,2% und 56,3%), die Nachkommen der weiteren Mutterlinien hatten zwischen 55,1% und 55,7% wertvolle Teilstücke.

Die Unterschiede zwischen den weiblichen und kastrierten Tieren waren ebenfalls nachweisbar. Die korrigierte Fettfläche der weiblichen Tiere war um $2,12 \text{ cm}^2$ geringer als die der Kastraten. Ebenso hatten die weiblichen Tiere einen um 1,48% höheren Anteil an wertvollen Teilstücken ($p < 0,01$). Die Tabellen mit den einzelnen Werten für Vaterlinie (11.17), Mutterlinie (11.18) und Geschlecht (11.19) sowie für die signifikanten Interaktionen Vaterlinie*Geschlecht (11.20) sowie Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht (11.21) findet sich im Anhang. In der Tabelle 11.22 ist die Zerlegeleistung der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie dargestellt.

5.1.12 Beziehungen zwischen den Schlachtleistungsmerkmalen im Teilversuch 2

Die engsten Beziehungen zum Muskelfleischanteil nach FOM ergaben sich beim Kotelett- ($r = 0,83^{**}$, $n = 240$, je $p < 0,001$) und Schinkenanteil ($r = 0,67^{**}$, $n = 240$) sowie zum Anteil der wertvollen Teilstücke ($r = 0,87^{**}$, $n = 240$) und dem Fleisch: Fettverhältnis ($r = -0,91^{**}$, $n = 237$). Nicht zu erwarten war der Zusammenhang zum Muskelfleischanteil im Bauch ($r = 0,92^{**}$, $n = 240$).

Weiter gab es einen negativen Zusammenhang zwischen der Lebendtagzunahme und dem Schinkenanteil ($r = -0,25^{**}$, $n = 126$). Der Anteil der wertvollen Teilstücke hat diverse statistisch signifikante Zusammenhänge, am engsten zum Fleisch-/Fettverhältnis ($r = -0,93^{**}$, $n = 240$) und dem Fleischanteil ($r = 0,99^{**}$, $n = 240$). Die Darstellung der einzelnen Korrelationen zwischen den im Teilversuch 2 erfassten Parametern findet sich in Tabelle 11.23 im Anhang.

5.1.13 Zusammenfassung der Ergebnisse der Schlachtleistung in beiden Teilversuchen

Die Pietrain-Nachkommen zeigten mit bis zu 3,46% mehr Muskelfleischanteil die bessere Schlachtleistung als die Duroc-Nachkommen. Die Mutterlinie hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf den Muskelfleischanteil. Dabei hatten die Nachkommen der Mutterlinie 241 den höchsten Muskelfleischanteil, die Nachkommen von den Zwei-Rassen-Kreuzungen erreichten den geringsten Muskelfleischanteil. Die signifikanten Effekte wurden unter Praxisbedingungen erhoben. Aufgrund der geringen n-Zahl, sind die Effekte der Mutterlinie im Teilversuch 2 nicht mehr sichtbar. Der Muskelfleischanteil zeigte signifikant negative Zusammenhänge zu den täglichen Zunahmen in der Mast ($r = -0,362$, je $n = 240$, $p < 0,001$) sowie zur Lebendtagzunahme ($r = -0,311$).

Die Detailanalyse im Teilversuch 2 zeigte den Einfluss, wie sich die Vater- und Mutterlinie detailliert auswirkten. Dabei war der Schinkenanteil der Pietrain-Nachkommen um 1,05% größer und der Anteil der wertvollen Teilstücke um 2,29% höher, während sich die Schlachtkörperlänge nicht signifikant unterschied. Der Muskelfleischanteil in den Bäuchen der Duroc-Nachkommen waren nach Gruber Formel um 2,43% geringer. Die Duroc-Nachkommen hatten mehr Rückenspeck (0,3%), mehr Flomen (0,76kg) und eine um 2,11 cm² größere korrigierte Fettfläche als die Pietrain-Nachkommen.

Die Nachkommen der Mutterlinien mit einem 50%-Anteil an LW hatten einen hoch signifikant längeren Schlachtkörper. Die Nachkommen von der Mutterlinie mit 50% Leicoma hatten die signifikant größte korrigierte Fettfläche mit 20,07 cm². Um 3,44 cm² weniger korrigierter Fettfläche zeigen sich die Nachkommen von der Mutterlinie 241. Bei der Betrachtung der Korrelationen zeigten sich die grundsätzlichen Zusammenhänge, interessant war jedoch die hoch signifikant positive Korrelation zwischen Muskelfleischanteil (FOM) und Bauch nach Gruber Formel.

5.2 Physikalisch-chemische Kriterien der Fleischqualität und Einflüsse des Genotyps auf die analysierten Kriterien

5.2.1 Einfluss des MHS-Status des Ebers

Die Tabelle 5.24 zeigt die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung sowie ausgewählte Parameter der Fleischqualität. Es zeigten sich hoch signifikante Unterschiede in den täglichen Zunahmen und in den Absetzgewichten, wobei das Geburtsgewicht nicht durch den MHS-Status des Ebers beeinflusst wurde. Dabei unterschieden sich die Nachkommen der NN-Pietrain-Eber in fast allen Merkmalen signifikant von den Duroc-Nachkommen. Die Duroc-Nachkommen nahmen in der Säugezeit täglich 12% mehr zu, was sich in 0,85 kg höheren Absetzgewichten zeigte. Dies wurde in den täglichen Zunahmen in der Mast (+9%) sowie im Lebendtag (+5%) ebenso deutlich. Lediglich in den täglichen Zunahmen in der Aufzucht waren sie vergleichbar. Die Nachkommen der PP-Pietrain-Eber unterschieden sich ab den täglichen Zunahmen in der Aufzucht (+6%), in der Mast (+9%) sowie im Lebendtag (+8%) signifikant von den Duroc-Nachkommen. Der Muskelfleischanteil (MFA) der Nachkommen von den PP-Pietrain-Ebern lag im Teilversuch 1 etwas unter dem der anderen Nachkommen. Es ließ sich nur zu den Duroc-Nachkommen eine statistische Absicherung finden. Im Teilversuch 2 lag der MFA der PP-Pietrain-Nachkommen über dem der anderen Nachkommen, dies war allerdings statistisch nicht abzusichern. In den Parametern der Fleischqualität zeigte sich kein statistisch gesicherter Einfluss des MHS-Status des eingesetzten Ebers. Tendenziell hatten die Nachkommen der PP-Pietrain-Eber im Teilversuch 2 einen etwas höheren Tropfsaftverlust 48 h p.m. im Kotelett.

Tabelle 5.24: Ergebnisse der täglichen Zunahmen und der Schlachtleistung sowie der Fleischqualität nach Genotyp und MHS-Status des Vaters

Parameter	sig ^a	NN-Pietrain			NP-Pietrain			PP-Pietrain			NN-Duroc		
		N	MW	SD	n	MW	SD	n	MW	SD	n	MW	SD
Geburts- gewicht (kg)	n.s.	170	1,7	0,42	503	1,7	0,384	63	1,6	0,2	483	1,7	0,4
TZN Säugezeit (g)	***	235	227,2 ^a	65,4	485	240,0 ^{ab}	63,0	63	243,5 ^{ab}	61,7	472	255,9 ^b	65,0
Absetz- gewicht (kg)	***	235	7,7 ^a	1,5	950	8,2 ^{ab}	1,5	111	8,0 ^{ab}	1,6	507	8,6 ^b	1,8
TZN Aufzucht (g)	***	167	479,9 ^c	65,4	950	454,3 ^{ab}	63,1	111	446,5 ^a	50,5	507	473,8 ^{bc}	56,7
TZN Mast (g)	***	359	836,9 ^a	100,7	1199	828,4 ^a	100,7	170	831,5 ^a	90,1	581	912,4 ^b	100,8
Lebend- tagszu- nahme (g)	***	170	650,7 ^a	54,9	503	640,2 ^a	52,9	63	635,4 ^a	54,3	482	685,3 ^b	53,6
MFA (%) TV 1	***	132	59,3 ^a	3,0	600	59,2 ^a	3,0	42	58,7 ^a	3,2	286	55,7 ^b	3,3
MFA (%) TV 2	n.s.	21	56,8	2,1	131	56,2	3,8	17	57,5	2,9	65	55,4	3,9
ph1 Kotelett TV 2	n.s.	21	6,1	0,3	131	6,1	0,3	17	6,1	0,2	65	6,1	0,2
TSV Kotelett 48 h p.m. (%) TV 2	n.s.	21	2,4	1,5	131	2,8	1,697	17	3,2	2,1	65	2,7	1,5
pH1 Kotelett TV 1	n.s.	116	6,6	0,2	373	6,6	0,242	30	6,6	0,2	107	6,6	0,2
TSV Kotelett 3 Tage p.m. (%) TV 1	n.s.	28	2,8	1,9	102	2,9	2,156	5	2,2	1,2	59	2,3	1,6

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, n.s. =nicht signifikant
unterschiedliche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

5.2.2 Ergebnisse der pH-Wert-Messung

5.2.2.1 pH-Wert-Messung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 1

Der pH-Wert wurde zu vier verschiedenen Zeitpunkten (45 min p.m., 3 h p.m., 6 h p.m. pH vor Zerlegung) im Kotelett und im Schinken gemessen. Die nachstehende Tabelle 5.25 zeigt die Mittelwerte sowie die Spannweite der gemessenen Parameter.

Tabelle 5.25: Ergebnisse der pH-Wert-Messung in Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1), 3 h p.m. (pH 3), 6 h p.m. (pH 6) sowie pH vor Zerlegung und Einstufung in Fehlfleischkategorien, Teilversuch 1

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	PSE-Verdacht (%)	DFD-Verdacht (%)	Acid-Meat Verdacht (%)
pH 1 K	643	6,57	0,24	5,71	7,00	0,15	-	-
pH 1 S	635	6,59	0,23	5,63	7,00	0,31	-	-
pH 3 K	282	6,35	0,34	5,32	7,00	-	-	-
pH 3 S	285	6,26	0,34	5,46	6,95	-	-	-
pH 6 K	308	6,19	0,34	5,37	6,93	-	-	-
pH 6 S	306	6,08	0,32	5,32	6,83	-	-	-
pH _{vor Zerlegung} K	616	5,71	0,22	5,00	6,69	-	-	-
pH _{vor Zerlegung} S	616	5,73	0,23	5,23	6,61	-	4,05	2,90

Die pH1-Werte in Kotelett und Schinken unterscheiden sich nur geringfügig und fallen kontinuierlich zum pH vor Zerlegung ab, der ebenfalls nur geringe Unterschiede aufweist.

Allerdings lagen bei zwei Tieren aus der Kreuzung der Mutterlinien 142*Pietrain eine PSE-Einstufung (Abgrenzung pH 1<5,8, Kotelett und Schinken) vor, dies fand sich bei einem Tier im Kotelett und Schinken, beim anderen Tier nur im Schinken. Dies entspricht jeweils 0,15% bzw. 0,31% der untersuchten Tiere. Auf den Vergleich der Schlachtkörper mit PSE-Einstufung mit als normaler Fleischqualität eingestufte Schlachtkörper wird im Kapitel 5.2.4 eingegangen. Bei 4,05% der Tiere (25 Tiere aus allen Genotyp-Varianten) lag ein DFD-Verdacht (Eingrenzung pH vor Zerlegung > 6,2 im Schinken) vor.

Bei insgesamt 18 Tieren (2,90%) lag ein Acid-Meat-Verdacht (Eingrenzung pH vor Zerlegung <5,4 im Schinken) vor. Hier sind alle Genotypen, mit Ausnahme der Nachkommen der Mutterlinie 42, vertreten.

Für die weitere Auswertung der Charakterisierung der postmortalen Glykolyse und der Reifungsvorgänge wurden die beiden pH1-Messungen sowie die Bestimmung des pH vor Zerlegung im Kotelett und Schinken als Leitparameter verwendet, da hier die vollständigen Datensätze zur Verfügung standen.

5.2.2.1.1 Beziehungen zwischen den pH-Werten im Teilversuch 1

Die Beziehungen zwischen den Teilstücken zum gleichen Zeitpunkt sind alle hochsignifikant positiv ($p < 0,001$) und liegen zwischen $r = 0,38$ (pH1) und $r = 0,63$ (pH vor Zerlegung). Innerhalb der Messorte sind die Korrelationen tendenziell positiv korreliert, aber insgesamt schwächer und invers zwischen pH 1 und pH vor Zerlegung. Wenn der pH-Wert-Abfall im Kotelett schnell ist, dann finden sich im pH vor Zerlegung höhere Werte im Schinken und Kotelett. Die nachstehende Tabelle 5.26 zeigt die einzelnen Werte.

Tabelle 5.26: Korrelationen zwischen den pH-Werten in Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1), 3 h p.m. (pH 3), 6 h p.m. (pH 6) sowie pH vor Zerlegung, Teilversuch 1

Kriterium		pH 1 Schinken	pH 3 h p.m. Kotelett	pH 3 h p.m. Schinken	pH 6 h p.m. Kotelett	pH 6 h p.m. Schinken	pH _{vor} Zerlegung Kotelett	pH _{vor} Zerlegung Schinken
pH 1 Kotelett	r	0,375	0,193	0,068	0,191	0,166	-0,146	-0,146
	p<	0,001	0,01	0,294	0,01	0,01	0,001	0,001
	n	581	241	242	264	263	532	531
pH 1 Schinken	r		0,202	0,117	0,161	0,246	-0,068	-0,060
	p<		0,001	0,060	0,01	0,001	0,115	0,161
	n		256	260	280	279	538	538
pH 3 h p.m. Kotelett	r			0,470	0,427	0,184	0,055	0,153
	p<			0,001	0,001	0,01	0,379	0,01
	n			273	280	277	261	261
pH 3 h p.m. Schinken	r				0,301	0,305	0,041	0,155
	p<				0,001	0,001	0,505	0,012
	n				283	282	263	263
pH 6 h p.m. Kotelett	r					0,475	0,008	0,054
	p<					0,001	0,889	0,367
	n					303	286	286
pH 6 h p.m. Schinken	r						-0,062	0,045
	p<						0,298	0,450
	n						284	284
pH _{vor} Zerlegung Kotelett	r							0,625
	p<							0,001
	n							613

5.2.2.1.2 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die pH-Wert-Messung im Teilversuch 1

Die Varianzanalyse zeigt für die pH-Messungen schwach signifikante Einflüsse der Vaterlinie (pH 1 S; $p < 0,05$), signifikant für die Mutterlinie (pH vor Zerlegung K und S; $p < 0,01$) und signifikant bzw. hoch signifikant für das Geschlecht (pH 3 K; $p < 0,01$ und pH 3 S; $p < 0,001$) sowie signifikant für die Interaktion Mutter- und Vaterlinie (pH vor Zerlegung K und S; $p < 0,01$). Im pH 1 waren geringe Unterschiede zwischen den Genotypen zu finden, allerdings

hatten die Nachkommen der Pietrain-Eber einen leicht geringeren pH-Wert im Schinken als die Duroc-Nachkommen. Im pH vor Zerlegung waren die Unterschiede kaum sichtbar.

Bei den Mutterlinien zeigen beide Teilstücke im pH vor Zerlegung signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen, wobei die höchsten pH-Werte bei den Nachkommen der Mutterlinie 241 und die niedrigsten bei den Nachkommen der Linie 261, der Linie mit einem Anteil an Schwäbisch-Hällischen Genanteil, zu finden sind. Das Geschlecht hat keinen statistisch abzusichernden Einfluss, wie die nahe beieinanderliegenden Werte zeigen. In der nachstehenden Tabelle 5.27 sind die einzelnen Ergebnisse für die Genotypen dargestellt:

Tabelle 5.27: pH-Werte im Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	pH 1 K	sig ^a	n	pH 1 S	sig ^a	n	pH _{vor} Zerlegung K	sig ^a	n	pH _{vor} Zerlegung S	sig ^a
VL	Pi	478	6,57 $\pm$ 0,014	n.s.	485	6,56 $\pm$ 0,014	*	474	5,69 $\pm$ 0,013	n.s.	474	5,72 $\pm$ 0,014	n.s.
	Du	165	6,59 $\pm$ 0,025		150	6,62 $\pm$ 0,029		142	5,74 $\pm$ 0,025		142	5,73 $\pm$ 0,026	
ML	21	170	6,54 $\pm$ 0,018	n.s.	167	6,58 $\pm$ 0,018	n.s.	149	5,74 ^b $\pm$ 0,018	**	149	5,76 ^b $\pm$ 0,019	**
	42	26	6,58 $\pm$ 0,052		24	6,53 $\pm$ 0,062		24	5,70 ^{ab} $\pm$ 0,054		25	5,71 ^{ab} $\pm$ 0,057	
	142	227	6,57 $\pm$ 0,023		227	6,62 $\pm$ 0,023		224	5,71 ^{ab} $\pm$ 0,023		224	5,71 ^{ab} $\pm$ 0,024	
	241	129	6,6 $\pm$ 0,024		127	6,62 $\pm$ 0,024		131	5,77 ^{ab} $\pm$ 0,022		130	5,80 ^b $\pm$ 0,024	
	261	91	6,59 $\pm$ 0,031		90	6,62 $\pm$ 0,031		88	5,65 ^a $\pm$ 0,026		88	5,66 ^a $\pm$ 0,028	
GES	K	315	6,57 $\pm$ 0,018	n.s.	312	6,6 $\pm$ 0,021	n.s.	300	5,73 $\pm$ 0,018	n.s.	300	5,73 $\pm$ 0,019	n.s.
	W	328	6,59 $\pm$ 0,022		323	6,58 $\pm$ 0,024		316	5,7 $\pm$ 0,022		316	5,73 $\pm$ 0,023	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **=p<0,01, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant
ungleiche Buchstaben hinter den Werten weisen auf signifikante Unterschiede hin

5.2.2.2 pH-Wert-Messung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 2

Die pH-Werte im Teilversuch 2 wurden im Kotelett und im Schinken lediglich 45 min p.m. und vor der Zerlegung (pH vor Zerlegung) gemessen. Die Mittelwerte sowie die Spannweite der gemessenen Parameter finden sich in der nachstehenden Tabelle 5.28.

Tabelle 5.28: Ergebnisse der pH-Wert-Messung in Kotelett (K) und Schinken (S) 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung und Einstufung in Fehlreifungskategorien, Teilversuch 2

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	PSE-Verdacht (%)	DFD Verdacht (%)	Acid-Meat Verdacht (%)
pH 1 Kotelett	240	6,09	0,28	5,21	7,00	15,00	-	-
pH 1 Schinken	240	6,24	0,37	5,02	7,00	13,34	-	-
pH vor Zerlegung Kotelett	240	5,55	0,08	5,21	5,75	-	-	-
pH vor Zerlegung Schinken	240	5,60	0,09	5,28	5,91	-	0,00	0,83

Dabei zeigte sich generell, dass die Mittelwerte in den beiden Teilstücken Kotelett und Schinken niedriger waren als im Teilversuch 1. Im pH vor Zerlegung lagen die Werte etwas dichter zusammen und bleiben im optimalen Bereich. Der Wert im Schinken bleibt dabei etwas höher als im Kotelett.

Der PSE-Verdacht bestand bei 36 Tieren im Kotelett (13,75%) und 32 Tieren im Schinken (12,50%) und betraf dabei alle Schlachtkörper. Auf den Vergleich der Schlachtkörper mit PSE-Einstufung mit als normaler Fleischqualität eingestufte Schlachtkörper wird im Kapitel 5.2.4 eingegangen. Schlachtkörper mit einem DFD-Verdacht (Grenze pH vor Zerlegung >6,2 im Schinken) waren im Teilversuch 2 nicht zu finden. Acid-Meat (Grenze pH vor Zerlegung <5,4 im Schinken) war nur bei zwei Tieren (0,83%) zu finden, dies waren Nachkommen von der Kreuzung des Pietrain-Ebers mit der Mutterlinie 142 und 21.

5.2.2.2.1 Beziehungen zwischen den pH-Werten im Teilversuch 2

Wie im Teilversuch 1 waren die Messwerte zum gleichen Zeitpunkt an beiden Messorten jeweils hoch signifikant korreliert, die Größenordnungen sind ebenfalls ähnlich wie in Teilversuch 1. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Korrelationsanalyse in Teilversuch 1 war hier die Beziehung zwischen dem pH 1 und dem pH vor Zerlegung positiv. Die nachstehende Tabelle 5.29 zeigt die einzelnen Korrelationen.

Tabelle 5.29: Korrelationen zwischen den pH-Werten Kotelett (K) und Schinken (S) nach 45 min p.m. (pH 1) und pH vor Zerlegung, Teilversuch 2

Kriterium		pH 1 Schinken	pH _{vor} Zerlegung Kotelett	pH _{vor} Zerlegung Schinken
pH 1 Kotelett	r	0,294	0,166	0,286
	p<	0,001	0,01	0,001
	n	240	240	240
pH 1 Schinken	r		0,021	0,210
	p<		0,744	0,01
	n		240	240
pH _{vor} Zerlegung Kotelett	r			0,665
	p<			0,001
	n			240

5.2.2.2.2 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die pH-Wert-Messung im Teilversuch 2

Die durchgeführte Varianzanalyse ergab einen signifikanten Effekt der Vaterlinie im pH vor Zerlegung (K: $p < 0,05$, S: $p < 0,01$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich jedoch nicht ermitteln. Der paternale Einfluss zeigte sich in den etwas niedrigeren pH vor Zerlegung - Werten der Pietrain-Nachkommen, insbesondere im Schinken. Der maternale Einfluss ließ sich statistisch nicht absichern, die größte Absenkung des pH-Wertes im Kotelett zeigten die Nachkommen der Mutterlinie 21, im Schinken die Nachkommen der Mutterlinie 241.

Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf die pH-Werte, was sich in den eng zusammen liegenden Werten widerspiegelt. Die Tabelle 5.30 zeigt die berechneten Werte.

Tabelle 5.30: pH-Werte in Kotelett (K) und Schinken (S) 45 min p.m. (pH 1) sowie den pH vor Zerlegung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	pH 1 K	sig ^a	pH 1 S	sig ^a	pH _{vor} Zerlegung K	sig ^a	pH _{vor} Zerlegung S	sig ^a
VL	Pi	160	6,09 $\pm$ 0,025	n.s.	6,23 $\pm$ 0,033	n.s.	5,55 $\pm$ 0,007	*	5,59 $\pm$ 0,007	**
	Du	80	6,09 $\pm$ 0,034		6,30 $\pm$ 0,045		5,57 $\pm$ 0,009		5,62 $\pm$ 0,010	
ML	21	52	6,15 $\pm$ 0,040	n.s.	6,24 $\pm$ 0,053	n.s.	5,57 $\pm$ 0,011	n.s.	5,61 $\pm$ 0,012	n.s.
	42	22	6,10 $\pm$ 0,064		6,27 $\pm$ 0,084		5,56 $\pm$ 0,017		5,63 $\pm$ 0,019	
	142	63	6,11 $\pm$ 0,039		6,21 $\pm$ 0,052		5,54 $\pm$ 0,011		5,60 $\pm$ 0,012	
	241	54	6,05 $\pm$ 0,044		6,32 $\pm$ 0,058		5,56 $\pm$ 0,012		5,61 $\pm$ 0,013	
	261	49	6,04 $\pm$ 0,046		6,27 $\pm$ 0,060		5,56 $\pm$ 0,012		5,58 $\pm$ 0,014	
GES	K	116	6,10 $\pm$ 0,030	n.s.	6,3 $\pm$ 0,040	n.s.	5,57 $\pm$ 0,008	n.s.	5,61 $\pm$ 0,009	n.s.
	W	124	6,08 $\pm$ 0,030		6,23 $\pm$ 0,039		5,55 $\pm$ 0,008		5,60 $\pm$ 0,009	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **= $p < 0,01$, *= $p < 0,05$, n.s. =nicht signifikant

5.2.3 Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung

5.2.3.1 Leitfähigkeitsmessung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 1

Die Leitfähigkeit wurde an drei verschiedenen Zeitpunkten (3 h p.m., 6 h p.m. und LF vor Zerlegung (ca. 30 h p.m.)) gleichzeitig mit dem pH-Wert im Kotelett und Schinken gemessen. Die nachstehende Tabelle 5.31 zeigt die Anzahl, die Mittelwerte sowie die Spannweite der gemessenen Werte.

Tabelle 5.31: Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) 3 h p.m. (LF 3), 6 h p.m. (LF 6) und LF_{vor Zerlegung}, sowie PSE-Einstufung, Teilversuch 1

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	PSE-Verdacht (%)
LF 3 h p.m. Kotelett	356	2,22	0,92	0,30	6,50	1,40
LF 3 h p.m. Schinken	355	2,15	1,48	0,40	12,10	2,81
LF 6 h p.m. Kotelett	383	2,54	1,43	0,40	10,10	4,18
LF 6 h p.m. Schinken	381	3,21	2,81	0,30	14,30	12,07
LF vor Zerlegung Kotelett	622	2,07	1,55	0,01	12,80	1,13
LF vor Zerlegung Schinken	622	3,27	2,28	0,30	13,20	5,79

Die Mittelwerte lagen bei den Messungen nach 3 h bei ca. 2,2 mS/cm. Die Werte stiegen zunächst an. Der LF vor Zerlegung im Kotelett fiel wieder ab. Ein Verdacht auf PSE lässt sich zu allen Messzeiten in beiden Messorten finden. Hierbei waren die Nachkommen der Pietrain-Eber stärker vertreten, als die der Duroc-Eber. Ebenso waren die Nachkommen von der Dreirassenkreuzung beim Verdacht auf PSE stärker vertreten, als die Nachkommen von den Mutterlinien mit Zweirassenkreuzung.

Die nachstehende Tabelle 5.32 zeigt die Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert über 8,0 mS/cm im Kotelett (LF vor Zerlegung) und somit PSE-Einstufung.

Tabelle 5.32: Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert >8,0 mS/cm im Kotelett (LF_{vor Zerlegung}) und somit PSE-Einstufung, Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n
VL	Pi	7
	Du	0
ML	21	1
	42	1
	142	3
	241	2
	261	0
GES	K	4
	W	3

Auf den Vergleich der Schlachtkörper mit PSE-Einstufung mit als normaler Fleischqualität eingestufte Schlachtkörper wird im Kapitel 5.2.4 eingegangen.

5.2.3.1.1 Beziehungen zwischen den Leitfähigkeitswerten

In der nachstehenden Tabelle 5.33 sind die Korrelationen der LF-Werte dargestellt. Bei den Messungen zum selben Zeitpunkt zeigten sich hoch signifikante Beziehungen zwischen $r=0,37$ und $r=0,56$. Bei den Messungen im selben Teilstück zu unterschiedlichen Zeitpunkten waren die Beziehungen ebenso hoch signifikant, aber insgesamt schwächer zwischen $r=0,16$ und $r=0,50$.

Tabelle 5.33: Korrelationen zwischen den Leitfähigkeitsmessungen in Kotelett und Schinken 3 h p.m. (LF 3), 6 h p.m. (LF 6) und vor der Zerlegung (LF_{vor Zerlegung}) Teilversuch 1

Parameter	LF 3 Schinken	LF 6 Kotelett	LF 6 Schinken	LF _{vor Zerlegung} Kotelett	LF _{vor Zerlegung} Schinken
LF 3 Kotelett					
r	0,404	0,366	0,387	0,246	0,152
p<	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01
n	355	355	355	335	335
LF 3 Schinken					
r		0,323	0,498	0,129	0,157
p<		0,001	0,001	0,01	0,001
n		355	355	334	334
LF 6 Kotelett					
r			0,561	0,162	0,146
p<			0,001	0,001	0,01
n			381	359	359
LF 6 Schinken					
r				0,086	0,049
p<				0,106	0,354
n				359	359
LF _{vor Zerlegung} Kotelett					
r					0,373
p<					0,001
n					619

5.2.3.1.2 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Leitfähigkeitsmessung

Die nachstehende Tabelle 5.34 zeigt die LS-means sowie die SEM-Werte für die Vaterlinie, die Mutterlinie sowie für das Geschlecht für den LF vor Zerlegung, da hier die Stichprobe am größten war. Die Varianzanalyse zeigte für die Vaterlinien hoch signifikante Einflüsse bei allen gemessenen Werten im Kotelett und Schinken ($p<0,001$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln.

Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten einen geringeren LF-Wert im Kotelett und Schinken, was auf ein stabileres Wasserbindungsvermögen hinweist. Die maternalen Einflüsse ließen sich statistisch nicht absichern. Es zeigte sich, dass die Werte innerhalb der Teilstücke eng beieinander liegen. Die Werte im Kotelett waren generell niedriger. Der Einfluss des Geschlechts ließ sich ebenfalls nicht statistisch absichern. Im Kotelett waren die Werte für Sauen und Kastraten nahezu identisch.

Tabelle 5.34: $LF_{\text{vor Zerlegung}}$ (mS/cm) im Kotelett und Schinken nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	$LF_{\text{vor Zerlegung}}$ Kotelett	sig ^a	n	$LF_{\text{vor Zerlegung}}$ Schinken	sig ^a
VL	Pi	487	2,34 $\pm$ 0,093	***	487	3,46 $\pm$ 0,137	***
	Du	135	1,36 $\pm$ 0,219		135	1,94 $\pm$ 0,322	
ML	21	159	1,82 $\pm$ 0,126	n.s.	159	3,06 $\pm$ 0,185	n.s.
	42	22	2,05 $\pm$ 0,498		22	2,34 $\pm$ 0,732	
	142	222	1,85 $\pm$ 0,164		224	2,92 $\pm$ 0,242	
	241	130	1,77 $\pm$ 0,176		128	2,56 $\pm$ 0,248	
	261	89	1,75 $\pm$ 0,189		89	2,63 $\pm$ 0,275	
GES	K	301	1,84 $\pm$ 0,146	n.s.	302	2,8 $\pm$ 0,214	n.s.
	W	321	1,85 $\pm$ 0,188		320	2,61 $\pm$ 0,277	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, n.s. =nicht signifikant

5.2.3.2 Leitfähigkeitsmessung in Kotelett und Schinken im Teilversuch 2

Die Leitfähigkeit im Teilversuch 2 wird nur vor der Zerlegung im Kotelett und im Schinken gemessen. Eine Übersicht über die Ergebnisse des $LF_{\text{vor Zerlegung}}$ zeigt die Tabelle 5.35. Hier lagen die Mittelwerte im Kotelett bei 5,30 mS/cm, im Schinken bei 3,19 mS/cm, die Standardabweichung war für beide Teilstücke ähnlich. Schlachtkörper, die einem PSE-Verdacht ($\text{Eingrenzung } LF_{\text{vor Zerlegung}} > 8,0$ in Kotelett und Schinken) aufweisen, fanden sich bei 15,00% der Tiere im Kotelett und bei 5,84% der Tiere im Schinken, hier waren alle Genotypen vertreten.

Tabelle 5.35: Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) $LF_{\text{vor Zerlegung}}$, sowie PSE-Einstufung, Teilversuch 2

Kriterium	N	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	PSE-Verdacht (%)
$LF_{\text{vor Zerlegung K}}$	240	5,30	2,26	1,30	11,70	15,00
$LF_{\text{vor Zerlegung S}}$	240	3,19	2,18	1,10	11,40	5,84

Die nachstehende Tabelle 5.36 zeigt die Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert im Kotelett (LF vor Zerlegung) über 8,00 mS/cm und daraus resultierendem PSE-Verdacht.

Tabelle 5.36: Verteilung der Genotypen mit einem Leitfähigkeitswert >8,0 mS/cm im Kotelett LF_{vor Zerlegung} und somit PSE-Einstufung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n
VL	Pi	14
	Du	22
ML	21	11
	42	5
	142	7
	241	6
	261	7
GES	K	24
	W	12

Auf den Vergleich der Schlachtkörper mit PSE-Einstufung mit als normaler Fleischqualität eingestufter Schlachtkörper wird im Kapitel 5.2.4 eingegangen.

5.2.3.2.1 Beziehungen zwischen den Leitfähigkeitswerten

Bei Durchführung einer Korrelationsanalyse zeigte sich, dass die beiden Werte mit $r=0,476^{**}$ ($n=240$) signifikant miteinander korrelierten. Dies ist ein etwas höherer Wert, als im Teilversuch 1, allerdings mit einer geringeren n-Zahl.

5.2.3.2.2 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Leitfähigkeitsmessung

Aus der Varianzanalyse ergab sich lediglich ein schwach signifikanter Einfluss der Vaterlinie ($p<0,05$). Die nachstehende Tabelle 5.37 verdeutlicht die einzelnen Werte.

Das Fleisch der Nachkommen der Duroc-Eber hatte eine geringere Leitfähigkeit, was im Kotelett deutlich wird. Im Teilversuch 2 lagen die Werte der Nachkommen der Mutterlinie im Kotelett etwas höher, was gegenteilig zu den Ergebnissen des Teilversuchs 1 ist.

Tabelle 5.37: LF_{vor Zerlegung} (mS/cm) in Kotelett (K) und Schinken (S) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL), sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	LF _{vor Zerlegung} Kotelett	sig ^a	LF _{vor Zerlegung} Schinken	sig ^a
---------------	-----------	---	---	------------------	---	------------------

VL	Pi	160	5,60 ± 0,196	*	3,40 ± 0,193	n.s.
	Du	80	4,81 ± 0,271		2,80 ± 0,266	
ML	21	52	5,47 ± 0,315	n.s	3,00 ± 0,310	n.s
	42	22	5,04 ± 0,505		3,10 ± 0,495	
	142	63	4,99 ± 0,308		3,20 ± 0,302	
	241	54	4,87 ± 0,348		2,59 ± 0,342	
	261	49	5,64 ± 0,360		3,63 ± 0,353	
GES	K	116	4,04 ± 0,238	n.s	3,18 ± 0,234	n.s
	W	124	5,36 ± 0,235		3,03 ± 0,231	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant

5.2.4 Vergleich von in PSE-Verdacht eingestuften Schlachtkörpern hinsichtlich der Fleischqualität mit normal eingestuften Schlachtkörpern

Im Teilversuch 1 wurde lediglich ein Schlachtkörper als PSE-Verdächtig aufgrund des pH1-Wertes im Kotelett eingestuft, jedoch 36 aufgrund der Leitfähigkeitsmessungen im Schinken. In der Tabelle 5.38 sind diese Schlachtkörper mit PSE-Verdacht und normale Schlachtkörper hinsichtlich der Parameter der Fleischqualität verglichen. Im Teilversuch 1 zeigten die Schlachtkörper mit PSE-Verdacht aufgrund der LF vor Zerlegung im Schinken kaum Unterschiede in den Parametern der Fleischqualität zu den als normal eingestuften Schlachtkörpern. Ebenso hatten diese Schlachtkörper keinen auffälligen pH1-Wert im Kotelett und Schinken. Lediglich der LF-Wert vor Zerlegung im Kotelett und Schinken unterschied sich hoch signifikant.

Tabelle 5.38: Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der Leitfähigkeitsmessungen vor Zerlegung im Schinken (PSE Einstufung: $LF_{\text{vor Zerlegung}} > 8,0 \text{ mS/cm}$) Teilversuch 1

Parameter	Normal LF vor Zerlegung Schinken < 8,0mS/cm		PSE-Verdacht LF vor Zerlegung Schinken > 8,0mS/cm		sig ^a
	LS-means	n	LS-means	n	
LF vor Zerlegung Schinken (mS/cm)	2,88	586	9,54	36	***
pH1 Kotelett	6,58	609	6,56	34	n.s.
pH 1 Schinken	6,59	600	6,65	35	n.s.
pH vor Zerlegung Kotelett	5,71	581	5,73	35	n.s.
pH vor Zerlegung Schinken	5,73	581	5,75	35	n.s.
LF vor Zerlegung Kotelett (mS/cm)	1,97	586	3,59	36	***
TSV 3 Tage p.m. (%) Kotelett	2,61	196	2,79	6	n.s.
Helligkeit 3 Tage p.m. Kotelett	45,96	213	46,94	5	n.s.

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, n.s. = nicht signifikant

Der Vergleich der Fleischqualität der Schlachtkörper mit PSE-Verdacht und den normal eingestuften Schlachtkörpern zeigt die Tabelle 5.39 für den Teilversuch 2. Als Kriterium für die PSE-Klassifizierung diente hier der pH1 im Kotelett. Hier wurden 36 Schlachtkörper als PSE-verdächtig eingestuft.

Es zeigte sich deutlich, dass die Schlachtkörper mit PSE-Verdacht auch einen signifikant niedrigeren pH1-Wert im Schinken und Kotelett aufweisen. Auch die Leitfähigkeitswerte im Kotelett vor Zerlegung waren signifikant höher als in normal eingestuften Schlachtkörpern. Der Tropfsaftverlust 48 h p.m. von Kotelettproben war bei den anhand der Messungen im Schinken PSE klassifizierten Schlachtkörpern signifikant höher. Im Parameter Helligkeit (Kotelett) und in den pH-Werten vor Zerlegung im Kotelett und Schinken fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den normal eingestuften Schlachtkörpern und den Schlachtkörpern mit PSE-Verdacht. Der IMF-Gehalt war bei den Schlachtkörpern mit normal eingestufte Fleischqualität um 0,26% signifikant höher.

Tabelle 5.39: Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der pH-Wert Messungen im Kotelett (PSE: pH1<5,8) Teilversuch 2

Parameter	Normal pH1>5,8 Kotelett		PSE-Verdacht pH1<5,8 Kotelett		sig ^a
	LS-means	n	LS-means	n	
pH1 Kotelett	6,17	204	5,67	36	***
pH1 Schinken	6,27	204	6,07	36	**
pH vor Zerlegung Kotelett	5,55	204	5,54	36	n.s.
pH vor Zerlegung Schinken	5,6	204	5,58	36	n.s.
LF vor Zerlegung Kotelett (mS/cm)	4,98	204	7,11	36	***
LF vor Zerlegung Schinken (mS/cm)	2,86	204	5,07	36	***
Helligkeit Kotelett	70,54	204	69,92	36	n.s.
TSV 48 h p.m. (%) Kotelett	2,57	204	3,92	36	***
IMF (%) Kotelett	1,66	200	1,4	33	**

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, **=p<0,01, n.s. = nicht signifikant

Die nachstehenden Tabelle 5.40 zeigt die Ergebnisse der Fleischqualitätsbestimmung im Teilversuch 2 bei Schlachtkörpern mit PSE-Klassifizierung nach LF vor Zerlegung im Schinken. Im Vergleich zu den Ergebnissen nach Einteilung des pH1 Koteletts zeigt sich kein signifikanter Unterschied mehr beim IMF-Gehalt. Dafür unterscheiden sich die Parameter Helligkeit und pH vor Zerlegung Schinken nun signifikant voneinander.

Tabelle 5.40: Vergleich der Fleischqualitätsparameter von Schlachtkörpern mit und ohne PSE-Einstufung anhand der Leitfähigkeitsmessungen vor Zerlegung im Schinken (PSE Einstufung: LF_{vor} Zerlegung $>8,0$ mS/cm) Teilversuch 2

Parameter	Normal LF vor Zerlegung Schinken $< 8,0$ mS/cm		PSE-Verdacht LF vor Zerlegung Schinken $> 8,0$ mS/cm		sig ^a
	LS-means	n	LS-means	n	
pH vor Zerlegung Schinken	5,60	226	5,54	14	*
pH1 Kotelett	6,11	226	5,79	14	***
pH1 Schinken	6,28	226	5,61	14	**
pH vor Zerlegung Kotelett	5,55	226	5,52	14	n.s.
LF vor Zerlegung Kotelett (mS/cm)	5,09	226	8,69	14	***
LF vor Zerlegung Schinken (mS/cm)	2,80	226	9,57	14	***
Helligkeit Kotelett	70,67	226	66,86	14	*
TSV 48 h p.m. (%) Kotelett	2,61	226	5,39	14	***
IMF (%) Kotelett	1,64	221	1,37	12	n.s.

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p<0,001$, **= $p<0,01$, *= $p<0,05$, n.s. = nicht signifikant

Um eine Prognose für den Tropfsaftverlust 48 h p.m. im Teilstück Kotelett angeben zu können, wurden die mit PSE-Verdacht eingestuften Schlachtkörper in drei Gruppen (Gruppe 1: $<2,5\%$, Gruppe 2: $2,5-4,99\%$, Gruppe 3: $>5,00\%$) für die Bewertung des Tropfsaftverlustes 48 h p.m. im Teilversuch 2 eingeteilt. Gleichzeitig sind die Mittelwerte für die Parameter der Fleischqualität in der Tabelle 5.41 angegeben.

Bei den Schlachtkörpern mit einem Tropfsaftverlust von über $5,0\%$ zeigten sich geringere pH-Werte und deutlich höhere LF vor Zerlegung-Werte. Ebenso waren die Koteletts heller. Zwischen den Gruppen 1 und 2 zeigten sich weniger Unterschiede. Tendenziell steigt die Leitfähigkeit mit zunehmendem Tropfsaftverlust an und die Helligkeit sowie der intramuskuläre Fettgehalt nehmen ab.

Tabelle 5.41: Vergleich der PSE-Schlachtkörper mit niedrigem, mittlerem und hohem Tropfsaftverlust (%; ermittelt anhand von Kotelettproben 48h p.m.), hinsichtlich der anderen untersuchten Fleischqualitätsparameter, Teilversuch 2

TSV 48 h p.m. (%)	n (%)	pH 1 Kotelett	pH 1 Schinken	pH vor Zerlegung Kotelett	pH vor Zerlegung Schinken	LF vor Zerlegung Kotelett mS/cm	LF vor Zerlegung Schinken mS/cm	Helligkeit Kotelett	IMF (%) Kotelett
Gruppe 1 <2,5%									
MW	11 (5)	5,73	6,34	5,57	5,60	5,05	3,90	73,45	1,45
SD		0,07	0,20	0,12	0,07	1,71	1,89	5,85	0,35
Min		5,59	6,07	5,31	5,44	3,20	1,60	62,00	0,62
Max		5,80	6,60	5,75	5,75	7,70	7,60	81,00	2,49
Gruppe 2 2,5-4,99 %									
MW	13 (5)	5,67	6,07	5,55	5,58	6,52	4,37	69,38	1,38
SD		0,18	0,38	0,01	0,04	2,03	2,51	5,01	0,44
Min		5,21	5,59	5,43	5,49	2,10	1,50	59,00	0,90
Max		5,80	6,81	5,66	5,70	9,90	9,10	77,00	2,24
Gruppe 3 >5,0%									
MW	12 (5)	5,62	5,82	5,51	5,55	9,64	6,91	67,25	1,35
SD		0,16	0,55	0,07	0,08	1,45	3,28	6,15	0,40
Min		5,34	5,02	5,42	5,42	7,20	2,30	51,00	0,80
Max		5,80	6,77	5,65	5,71	11,70	11,40	74,00	2,05

Die nachstehende Tabelle 5.42 zeigt dazu im Vergleich die Mittelwerte der Fleischqualitätsparameter der als normal eingestuften Schlachtkörper.

Der pH1 im Kotelett und Schinken sinkt mit zunehmendem Tropfsaftverlust ab, im pH vor Zerlegung im Kotelett und Schinken finden sich kaum Unterschiede. Der LF vor Zerlegung im Kotelett steigt mit zunehmendem Tropfsaftverlust an, allerdings findet sich diese Tendenz im Schinken nicht. Hier ist der höchste LF vor Zerlegung Wert mit 3,64 in der zweiten Gruppe. Auch die Helligkeitsmessung im Kotelett zeigt keine klare Tendenz. Der IMF-Gehalt ist bei den Tieren aus der dritten Gruppe am höchsten.

Für den Teilversuch 1 konnte dies nicht durchgeführt werden, da nur für fünf Schlachtkörper mit PSE-Verdacht Ergebnisse aus den Fleischqualitätsmessungen vorlagen.

Tabelle 5.42: Vergleich der normal eingestuftten Schlachtkörper mit niedrigem, mittlerem und hohem Tropfsaftverlust (%; ermittelt anhand von Kotelettproben 48h p.m.), hinsichtlich der anderen untersuchten Fleischqualitätsparameter, Teilversuch 2

TSV 48 h p.m. (%) Kotelett	n (%)	pH 1 Kotelett	pH 1 Schinken	pH vor Zerlegung Kotelett	pH vor Zerlegung Schinken	LF vor Zerlegung Kotelett mS/cm	LFvor Zerlegung Schinken mS/cm	Helligkeit Kotelett	IMF (%) Kotelett
Gruppe 1: <2,5%									
MW	117 (49)	6,22	6,36	5,56	5,63	4,21	2,31	71,68	1,68
SD		0,233	0,327	0,086	0,092	1,477	1,062	5,838	0,550
Min		5,81	5,52	5,21	5,28	1,30	1,10	58,00	0,60
Max		6,77	7,00	5,75	5,91	8,50	8,00	87,00	3,70
Gruppe 2: 2,5-4,99 %									
MW	69 (29)	6,12	6,19	5,54	5,57	5,53	3,64	68,89	1,61
SD		0,216	0,355	0,058	0,070	1,908	2,285	4,736	0,582
Min		5,81	5,56	5,42	5,38	2,20	1,30	57,00	0,60
Max		7,00	6,82	5,69	5,75	9,90	10,50	87,00	3,14
Gruppe 3: >5,0%									
MW	18 (8)	6,02	6,02	5,54	5,59	7,85	3,48	69,50	1,74
SD		0,098	0,318	0,068	0,075	2,501	2,724	6,280	0,426
Min		5,85	5,50	5,39	5,43	2,00	1,10	57,00	0,90
Max		6,18	6,69	5,71	5,70	10,70	9,60	81,00	2,60

5.2.5 Charakterisierung des Wasserbindungsvermögens und Einflüsse auf die erfassten Kriterien

5.2.5.1 Ergebnisse der Tropfsaftbestimmung im Teilversuch 1

Wie in Kapitel 4.4.4 dargestellt, wurden unterschiedliche Messmethoden zur Charakterisierung des Wasserbindungsvermögens eingesetzt und bei drei verschiedenen Teilstücken angewendet. Zusätzlich wurde auch die Lagerdauer bzw. die Zeit zwischen Zerlegung und Tropfsaftverlust-Messung variiert. Die einzelnen Werte finden sich in den Tabellen 11.24, 11.25 und 11.26 im Anhang.

Systematische Messungen lagen für den Kotelettmuskel mit der Methode SB-Schale (n=202) vor. Zwischen den Tropfsaftverlusten zu verschiedenen Messzeitpunkten (3, 6 und 8 Tage p.m. in der SB-Schale) bestanden hohe signifikante Korrelationen (zwischen $r=0,59^{**}$, $n=204$ je $p<0,001$ und $r=0,75^{**}$, $n=202$) vor. Die Tropfsaftmessungen zu gleichen Messzeitpunkten für verschiedene Teilstücke eines Schlachtkörpers nach Reifung in der SB-Schale korrelieren ebenfalls signifikante miteinander. Sie waren insgesamt aber etwas schwächer (zwischen $r=0,37^{**}$, $n=228$ je $p<0,001$ und $r=0,55^{**}$, $n=202$). Die Korrelationen befinden sich in Tabelle 11.27 im Anhang.

5.2.5.1.1 Tropfsaftverluste bei Lagerung in SB-Schalen

5.2.5.1.1.1 Tropfsaftmessung in den Teilstücken

Die Tabelle 5.43 gibt zunächst einen Überblick über die Mittelwerte sowie die Spannweite der erhobenen Werte in den drei Teilstücken Nacken, Oberschale und Kotelett. Hier zeigt sich, dass der Tropfsaftverlust im Teilstück Nacken insgesamt relativ gering war. Er stieg im Verlauf zunächst jedoch um fast 83% an.

Je weiter die Reifung der Oberschale fortschritt, umso mehr stiegen die Mittelwerte, um 69% an. Wobei von 6 nach 8 Tagen p.m. der Anstieg des Saftverlustes geringer war und bei 9% liegt. Auch war die Standardabweichung bei diesen Parametern höher.

Bei den Ergebnissen aus dem Teilstück Kotelett war schon zu Beginn der Tropfsaftverlust recht hoch. Der Anstieg im Verlauf der Reifung betrug dennoch 38%. Die Standardabweichung war vergleichbar zum Teilstück Oberschale.

Tabelle 5.43: Ergebnisse des Tropfsaftverlustes (TSV) (%) nach 3- bis 8-tägiger Reifung, Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1

Teilstück	Zeitpunkt	n	% TSV			
			Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Nacken	3 Tage p.m.	204	0,99	0,87	0,00	4,14
	6 Tage p.m.	228	1,53	1,09	0,00	5,66
	8 Tage p.m.	228	1,82	1,29	0,00	7,20
Oberschale	3 Tage p.m.	204	2,75	1,51	0,24	8,11
	6 Tage p.m.	228	4,27	2,01	0,66	10,41
	8 Tage p.m.	228	4,65	2,07	0,00	11,92
Kotelett	3 Tage p.m.	202	1,97	2,61	0,00	8,59
	6 Tage p.m.	226	2,29	3,68	0,00	13,28
	8 Tage p.m.	223	2,72	4,34	0,00	14,55

5.2.5.1.1.2 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Tropfsaftmessung

Die Ergebnisse der Varianzanalyse sind in der nachstehenden Tabelle 5.44 zusammengefasst. Hier sind alle drei Teilstücke für die Messung 3 Tage p.m. nebeneinander gestellt. Es konnte ein hoch signifikanter Einfluss der Vaterlinie ($p < 0,001$) in allen drei Teilstücken festgestellt werden. Für die Mutterlinie sowie das Geschlecht konnte kein signifikanter Einfluss ermittelt werden. Die Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie war schwach signifikant ($p < 0,05$) abzusichern. Die Tropfsaftverluste der Fleischstücke aus dem Nacken lagen bei den Nachkommen der Duroc-Eber um 0,81% niedriger als bei den Nachkommen der Pietrain-Eber. Im Teilstück Oberschale wurde der Unterschied mit 1,32% noch deutlicher und fand mit 1,89% Unterschied im Teilstück Kotelett sein Maximum. Die Koteletts der Duroc-Nachkommen waren um 0,29% trockener wie die Oberschalen, dies ist bei den Pietrain-Nachkommen umgekehrt, hier sind die Oberschalen um 0,28% trockener.

Das Geschlecht und die Mutterlinie hatten keinen statistisch abzusichernden Einfluss auf die Tropfsaftverluste. Die Werte lagen insgesamt sehr eng beinander. Zu beachten ist insbesondere bei den Mutterlinien 42 und 261 die geringe n-Zahl.

Tabelle 5.44: Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) in der SB-Schale nach 3 d Lagerung, Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Teilstück	Codierung	n	TSV Nacken (%)	sig ^a	n	TSV Oberschale (%)	sig ^a	n	TSV Kotelett (%)	sig ^a
Fester Faktor										
VL	Pi	112	1,4 $\pm$ 0,097	***	112	3,43 $\pm$ 0,172	***	111	3,71 $\pm$ 0,223	***
	Du	92	0,59 $\pm$ 0,101		92	2,11 $\pm$ 0,179		91	1,82 $\pm$ 0,233	
ML	21	54	1,23 $\pm$ 0,108	n.s.	54	2,71 $\pm$ 0,192	n.s.	54	2,61 $\pm$ 0,248	n.s.
	42	10	1,18 $\pm$ 0,252		10	3,16 $\pm$ 0,447		10	3,76 $\pm$ 0,578	
	142	64	0,87 $\pm$ 0,107		64	2,74 $\pm$ 0,190		62	2,32 $\pm$ 0,252	
	241	47	0,84 $\pm$ 0,188		47	2,87 $\pm$ 0,210		47	2,68 $\pm$ 0,272	
	261	29	0,86 $\pm$ 0,148		29	2,36 $\pm$ 0,263		29	2,45 $\pm$ 0,341	
GES	K	116	0,98 $\pm$ 0,090	n.s.	116	2,94 $\pm$ 0,159	n.s.	115	3,02 $\pm$ 0,206	n.s.
	W	88	1,01 $\pm$ 0,108		88	2,60 $\pm$ 0,191		87	2,50 $\pm$ 0,248	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, n.s. = nicht signifikant

Die nachstehende Abbildung 5.8 verdeutlicht die erheblichen Unterschiede in den Ergebnissen für den Tropfsaftverlust in der SB-Schale im Teilstück Kotelett nach Reifung für die Genotypen.

Die Tropfsaftverluste im Teilstück Kotelett begannen bei den Duroc-Nachkommen alle im Bereich von 1,5-2%, bei den Pietrain-Nachkommen lag dies deutlich höher bei 2,8-5,8%. Deutliche Ausreißer waren hier die Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*42, die im Bereich zwischen 5,8-7,0% lagen. Der höchste Tropfsaftverlust aus der Kreuzung mit Duroc-Eber fand sich bei den Nachkommen der Mutterlinie 21 und 261. Die Tropfsaftverluste bei den Nachkommen der Mutterlinien 241 und 42 verhielten sich geradezu entgegengesetzt bei Anpaarung mit Duroc oder Pietrain. Während diese Genotypen mit Pietrain-Anteil das

schlechteste Wasserbindungsvermögen aufwiesen, waren sie in der Anpaarung mit Duroc im Tropfsaftverlust minimal.

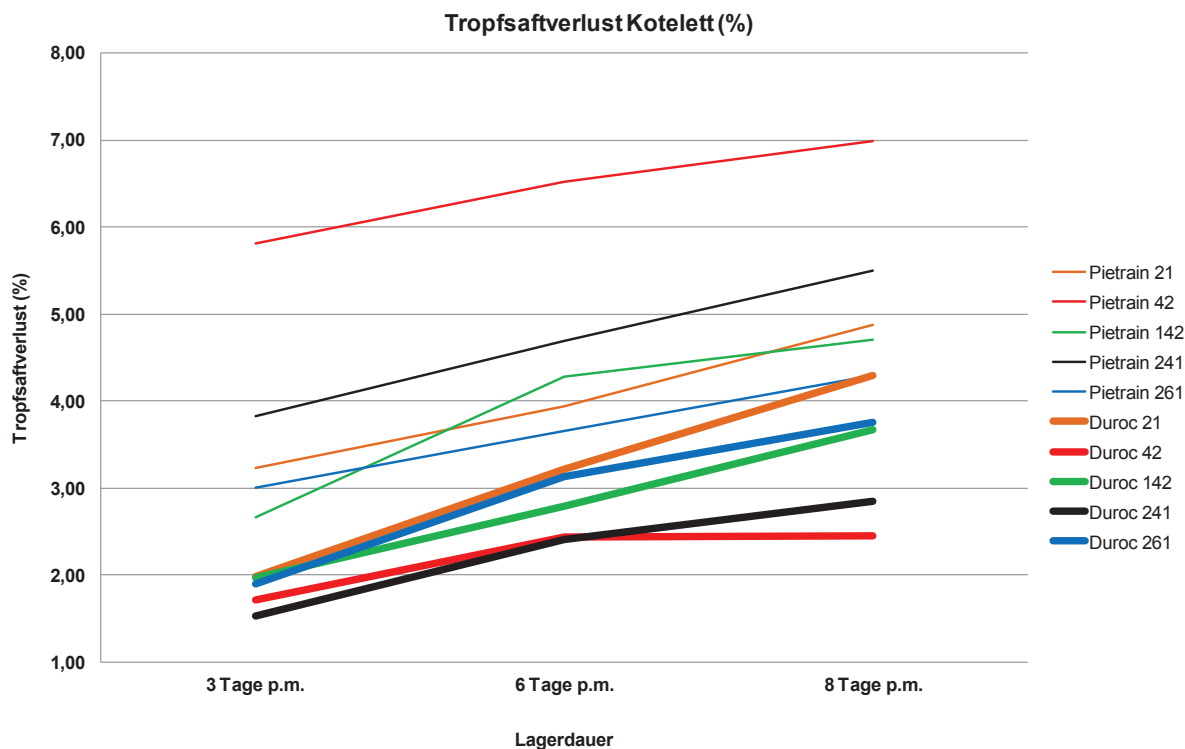


Abbildung 5.8: Tropfsaftverlust in der SB-Schale für das Teilstück Kotelett (%) nach unterschiedlicher Lagerung, Interaktion Genotyp, Teilversuch 1

5.2.5.2 Ergebnisse der Tropfsaftverlustmessung im Teilversuch 2

Die nachstehende Tabelle 5.45 gibt einen Überblick über den Mittelwert sowie die Spannweite des gemessenen Parameters Tropfsaftverlust in Kotelett nach der Bag-Methode im Teilversuch 2.

Tabelle 5.45: Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) 48 h p.m. nach der Bag-Methode, Teilstück Kotelett, Teilversuch 2

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
TSV Kotelett (%)	240	2,77	1,67	0,08	8,09

Der Mittelwert war im Vergleich zur TSV-Messung in der SB-Schale 3 Tage p.m. im Teilstück Kotelett höher. Insgesamt zeigte sich eine große Spannweite, dargestellt an den Minimal- und Maximalwerten.

Die durchgeführte Varianzanalyse zeigte einen schwach signifikanten Einfluss der Vaterlinie ($p < 0,05$), die Mutterlinie und das Geschlecht war nicht signifikant. Die nachstehende Tabelle 5.46 zeigt die einzelnen Werte.

Tabelle 5.46: Prozentuale Tropfsaftverluste (% TSV) 48 h p.m., Teilstück Kotelett, nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	TSV (%)	sig ^a
VL	Pi	160	2,94 $\pm 0,141$	*
	Du	80	2,42 $\pm 0,196$	
ML	21	52	2,86 $\pm 0,227$	n.s.
	42	22	2,25 $\pm 0,364$	
	142	63	2,76 $\pm 0,222$	
	241	54	2,32 $\pm 0,251$	
	261	49	3,19 $\pm 0,260$	
GES	K	116	2,53 $\pm 0,172$	n.s.
	W	124	2,83 $\pm 0,170$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant

Der Unterschied zwischen den Duroc- und Pietrain-Nachkommen lag bei 0,52% und ließ sich schwach signifikant absichern, was einem Unterschied von fast 20% mehr Tropfsaftverlust entspricht. Die Nachkommen der Mutterlinien liegen bis zu 0,94% auseinander, konnten statistisch aber nicht abgesichert werden. Im Vergleich zu den Ergebnissen aus Teilversuch 1 (Messung des Tropfsaftverlustes nach dreitägiger Reifung in der SB-Schale, Teilstück Kotelett) zeigten sich einige Unterschiede. So waren die Tropfsaftverluste bei den Nachkommen der Duroc, 142, 21 und 261 im Teilversuch 2 höher, bei den Nachkommen der Pietrain, 42 und 241 niedriger.

Bei Betrachtung der Interaktionen fand sich der geringste TSV bei den Nachkommen von der Kreuzung Duroc*42 und der höchste TSV bei den aus der Kreuzung Duroc*261, was in der nachstehenden Abbildung 5.9 dargestellt ist.

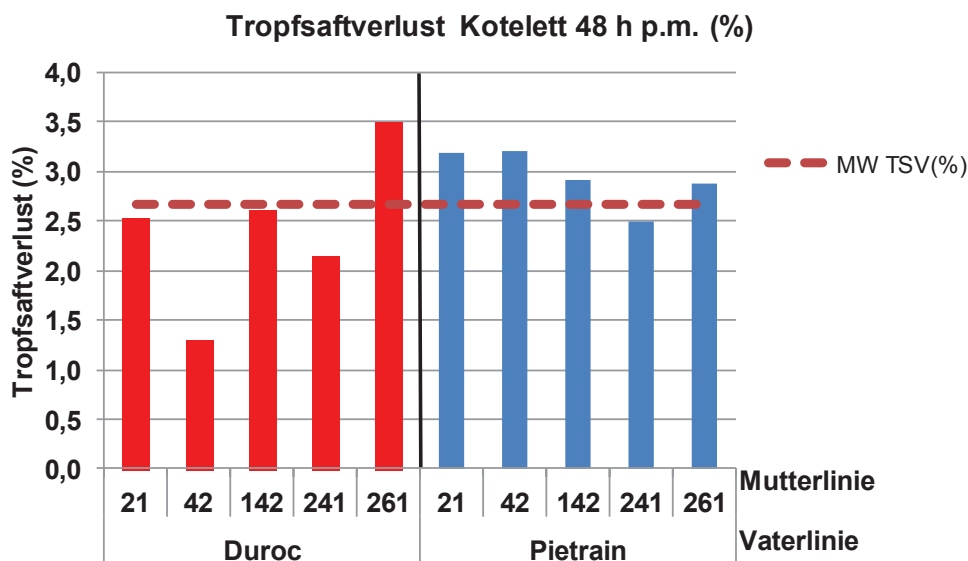


Abbildung 5.9: Tropfsaftverlust nach Bag-Methode für das Teilstück Kotelett (%) 48h p.m., Interaktion Genotyp, Teilversuch 2

Somit ergaben sich im Vergleich der Befunde Teilversuch 1 und 2 trotz der geringeren Tierzahl ähnliche Aussagen. Im Teilversuch 2 waren die Duroc-Nachkommen deutlich niedriger im Tropfsaftverlust, eine deutliche Ausnahme bildeten hier die Nachkommen der Mutterlinie 261 (n=49), dies ließ sich statistisch aber nicht absichern.

5.2.5.3 Vorhersage des Tropfsaftverlustes

Der Tropfsaftverlust ist der wirtschaftlich wichtigste Parameter für die Fleischproduktion. Um eine Vorhersage über den Tropfsaftverlust eines Schlachtkörpers geben zu können, benötigt man geeignete Hilfskriterien, die den Tropfsaftverlust zu einem möglichst frühen Zeitpunkt vorhersagen können. Besonders bedeutsam für die Bestimmung dieser Hilfskriterien ist der Teilversuch 2, da hier die Exaktverfahren unter kontrollierten Bedingungen eingesetzt werden konnten. Nach Ermittlung der Beziehungen der erhobenen Parameter zum Tropfsaftverlust 48h p.m. (Bag-Methode) im Kotelett ergeben sich die höchsten Korrelationen zur Messung der Leitfähigkeit vor Zerlegung im Kotelett ($r=0,65$, jeweils $n=240$, $p<0,001$) und zum pH1 Kotelett ($r=-0,43$). Im Teilversuch 1 ergibt sich eine positive Korrelation zwischen der Messung des Tropfsaftverlustes im Kotelett in der SB-Schale 3 Tage p.m. und der Leitfähigkeit 6h p.m. im Kotelett ($r=0,42$, $n=87$, $p<0,001$), zum pH1 im Kotelett ($r=-0,30$, $n=172$, $p<0,001$) und zur Messung der Leitfähigkeit vor Zerlegung ($r=0,27$, $n=184$, $p<0,001$). Für eine frühzeitige Vorhersage des Tropfsaftverlustes würde sich somit die Messung des pH-Wertes 45 min p.m. eignen. Allerdings unterliegt sie im Produktionsbetrieb den Bedingungen eines schnell laufenden Schlachtbandes, dessen Geschwindigkeit zukünftig eher noch zunehmen wird. Die Taktzeit am Band ist heute schon

kleiner als die benötigte Zeit für die exakte Messung des pH-Wertes. Die Messung eines pH-Wertes erfordert den Einsatz einer empfindlichen Glaselektrode, die für die Bestimmung des pH-Wertes eine bestimmte Zeit benötigt. Zudem erfordert dieses Gerät eine regelmäßige Kalibrierung vor dem Einsatz. Es besteht außerdem die Gefahr, dass die gläserne Messspitze abbricht und im Fleisch verbleibt.

Die statistische Auswertung aus beiden Teilversuchen deutet darauf hin, dass ein hoher Leitfähigkeitswert im Bereich des Koteletts auf einen hohen Tropfsaftverlust schließen lässt. Es liegen signifikant positive Korrelation von $r=0,65$, $n=240$, $p<0,001$ (Teilversuch 2) bzw. von $r=0,27$, $n=184$, $p<0,001$ (Teilversuch 1) vor.

Unter den Bedingungen eines großen Praxisbetriebes ergeben sich allerdings Einschränkungen bezüglich der Durchführbarkeit der exakten pH-Wert-Messung und der Ermittlung von Grenzwerten. Somit kann für die Ermittlung von Grenzwerten lediglich der Teilversuch 2 mit 240 Versuchstieren herangezogen werden. Dabei werden die Ergebnisse in drei verschiedene Klassen des Tropfsaftverlustes eingeteilt. Die nachstehende Tabelle 5.47 zeigt die Verteilung der Versuchstiere in die genannten Gruppen.

Tabelle 5.47: Einteilung der Tiere in drei Gruppen nach Tropfsaftverlust (%) im Kotelett, Teilversuch 2

Gruppe	%-Tropfsaft	n (%)
Niedrig	0,00-2,49	128 (53)
Mittel	2,50-4,99	82 (34)
Hoch	> 5,00	30 (13)

In der nachstehenden Tabelle 5.48 werden die Mittelwertes sowie die Spannweite der Messwerte LF vor Zerlegung und pH1 sowie pH vor Zerlegung im Kotelett bezogen auf die oben angeführte Klassifizierung dargestellt.

Tabelle 5.48: Parameter der Fleischqualität (LF_{vor Zerlegung}, pH1 und pH vor Zerlegung) im Kotelett nach der Einteilung in Tabelle 5.47, Teilversuch 2

Gruppe	LF vor Zerlegung mS/cm	pH1	pH vor Zerlegung
Niedrig (n=128)	4,3 (1,3-8,5)	6,2 (5,6-6,8)	5,6 (5,2-5,8)
Mittel (n=82)	5,7 (2,1-9,9)	6,1 (5,2-7,00)	5,5 (5,4-5,7)
Hoch (n=30)	8,6 (2,00-11,70)	5,9 (5,3-6,2)	5,5 (5,4-5,7)

Die Tendenz der Abhängigkeit des vorhergesagten Tropfsaftverlustes von der Leitfähigkeit zum Zeitpunkt vor Zerlegung zeigt sich deutlich. Dies lässt sich als hoch signifikanter Einfluss absichern. Für den pH1-Wert ist diese Tendenz ebenfalls sichtbar. Nur beim pH vor Zerlegung ist sie praktisch nicht vorhanden. So verspricht der LF-Wert vor Zerlegung die höchste Aussagekraft bei der Bestimmung des zu erwartenden Tropfsaftverlustes.

5.2.6 Ergebnisse der Scherkraftmessung im Teilversuch 1

5.2.6.1 Scherkraftmessung in den Teilstücken Nacken, Oberschale und Kotelett

Zunächst gibt die nachstehende Tabelle 5.49 einen Überblick über die Mittelwerte sowie die Spannweite der erhobenen Scherwerte nach Zubereitung und 24 h Lagerung in den Teilstücke Nacken, Kotelett und Oberschale.

Tabelle 5.49: Ergebnisse der Scherkraftmessung (Nm) nach Reifung und Zubereitung (Braten), Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1

Teilstück	Zeitpunkt	n	Scherwert (Nm)			
			Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Nacken	3 Tage p.m.	169	5,15	1,49	2,46	9,60
	6 Tage p.m.	166	5,56	1,61	2,44	11,74
	8 Tage p.m.	143	5,29	1,38	2,54	9,69
Oberschale	3 Tage p.m.	175	6,03	1,44	3,33	10,29
	6 Tage p.m.	168	6,46	1,34	3,54	9,70
	8 Tage p.m.	145	7,10	1,42	3,48	10,45
Kotelett	3 Tage p.m.	180	5,55	1,36	2,38	8,84
	6 Tage p.m.	193	6,00	1,33	3,49	10,77
	8 Tage p.m.	146	5,71	1,43	3,08	10,85

Die Auswertung ergab die insgesamt niedrigsten Scherwerte für das Teilstück Nacken, die höchsten Scherwerte für das Teilstück Oberschale.

5.2.6.2 Beziehungen zwischen den gemessenen Scherwerten

Die Durchführung einer Korrelationsanalyse mit allen drei Teilstücken zu den drei Messzeitpunkten ergibt die nachstehende Tabelle 5.50.

Tabelle 5.50: Korrelationen zwischen den Scherkraftmessung nach unterschiedlicher Reifungsdauer (Nm) in den Teilstücken Nacken, Oberschale und Kotelett, Teilversuch 1

	Kriterium	Scherwert Nacken		Scherwert Oberschale			Scherwert Kotelett		
		6 d p.m.	8 d p.m.	3 d p.m.	6 d p.m.	8 d p.m.	3 d p.m.	6 d p.m.	8 d p.m.
Scherwert Nacken	r	0,405	0,388	0,259	0,157	0,202	0,315	0,241	0,046
	3 d p.m. p<	0,001	0,001	0,001	0,064	0,01	0,001	0,001	0,616
	n	142	126	169	140	126	166	141	122
	r		0,385	0,333	0,304	0,012	0,347	0,307	0,047
	6 d p.m. p<		0,001	0,001	0,001	0,894	0,001	0,001	0,611
	n		124	145	164	124	144	165	120
Scherwert Oberschale	r			0,397	0,147	0,205	0,378	0,356	0,334
	8 d p.m. p<			0,001	0,104	0,01	0,001	0,001	0,001
	n			129	123	143	127	124	138
	r				0,436	0,375	0,328	0,217	0,158
	3 d p.m. p<				0,001	0,001	0,001	0,001	0,078
	n				146	131	171	146	126
Scherwert Kotelett	r					0,250	0,212	0,198	-0,072
	6 d p.m. p<					0,001	0,01	0,01	0,432
	n					125	145	167	121
	r						-0,015	-0,104	0,050
	8 d p.m. p<						0,87	0,249	0,558
	n						128	125	139

Innerhalb der Teilstücke zu verschiedenen Messzeitpunkten bestanden hohe signifikante Beziehungen von $r=0,25$ und $r=0,52$. Bei der Messungen zu denselben Zeitpunkten bestanden ebenfalls signifikante hohe Beziehungen zwischen $r=0,02$ und $r=0,33$. Sie nahmen mit zunehmender Reifung ab. Eine Ausnahme war die Beziehung zwischen Oberschale und Kotelett 8 Tage p.m., diese war nicht signifikant.

5.2.6.3 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Scherkraftmessung

Die varianzanalytische Auswertung der Scherkraftmessung für das Teilstück Nacken ergab nur bei der Messung 8 Tage p.m. einen signifikanten Einfluss der Vaterlinie ($p<0,01$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln. Knapp nicht signifikant war die Vaterlinie bei der Messung 6 Tage p.m. ($p<0,09$). Die nachstehende Tabelle 5.51 zeigt die LS-means.

Tabelle 5.51: Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Nacken nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	87	5,12 $\pm$ 0,212	n.s.	86	5,41 $\pm$ 0,228	n.s.	53	4,81 $\pm$ 0,244	**
	Du	82	5,41 $\pm$ 0,197		80	5,98 $\pm$ 0,243		90	5,61 $\pm$ 0,172	
ML	21	39	5,10 $\pm$ 0,284	n.s.	38	5,89 $\pm$ 0,307	n.s.	35	5,11 $\pm$ 0,301	n.s.
	42	9	5,58 $\pm$ 0,496		8	6,30 $\pm$ 0,612		9	5,49 $\pm$ 0,503	
	142	50	5,46 $\pm$ 0,237		50	5,61 $\pm$ 0,253		37	5,48 $\pm$ 0,229	
	241	46	5,16 $\pm$ 0,224		43	5,55 $\pm$ 0,254		42	5,01 $\pm$ 0,227	
	261	25	5,02 $\pm$ 0,299		27	5,14 $\pm$ 0,313		20	4,96 $\pm$ 0,331	
GES	K	95	5,24 $\pm$ 0,192	n.s.	93	5,88 $\pm$ 0,213	n.s.	81	5,28 $\pm$ 0,188	n.s.
	W	74	5,29 $\pm$ 0,217		73	5,51 $\pm$ 0,257		62	5,14 $\pm$ 0,232	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **= $p < 0,01$, n.s. = nicht signifikant

Die Nachkommen der Pietrain-Eber hatten generell niedrigere Scherwerte als die Nachkommen der Duroc-Eber, was 8 Tage p.m. sein Maximum mit einer um 16% geringeren Scherkraft findet. Insgesamt waren die Werte der Nachkommen der Mutterlinien ähnlich, hier fand sich der größte Unterschied bei der Messung nach 6 Tagen. Dasselbe galt für die Auswertung des Geschlechts. Bei den Nachkommen der Mutterlinien 241, 261, 42 sowie der Pietrain-Eber und den weiblichen Tieren war nach 8 Tagen p.m. der Scherwert am geringsten. Bei den Nachkommen der Mutterlinien 142 und 21 sowie den Duroc-Ebern und den Kastraten war der geringste Scherwert schon nach drei Tagen p.m. erreicht.

Bei Betrachtung der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie zeigte sich der insgesamt zarteste Nacken bei den Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*241 bei der Messung der Scherkraft nach 8 Tagen (4,37 Nm), der insgesamt zähste Nacken bei den Nachkommen der Kreuzung Duroc*42 bei der Messung nach 6 Tagen (6,93 Nm).

Bei der Scherkraft-Messung in der Oberschale konnte ein schwach signifikanter Einfluss der Vaterlinie bei 3 Tagen p.m. ($p < 0,05$) ermittelt werden, weitere signifikante Einflüsse, auch bei den Interaktionen, ließen sich nicht ermitteln. Die nachstehende Tabelle 5.52 zeigt die LS-means für das Teilstück Oberschale nach bestimmter Reifung.

Tabelle 5.52: Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Oberschale nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	91	5,81 $\pm$ 0,197	*	86	6,37 $\pm$ 0,183	n.s.	53	7,15 $\pm$ 0,257	n.s.
	Du	84	6,46 $\pm$ 0,186		82	6,74 $\pm$ 0,191		92	6,96 $\pm$ 0,180	
ML	21	40	5,91 $\pm$ 0,253	n.s.	37	6,39 $\pm$ 0,253	n.s.	35	6,81 $\pm$ 0,317	n.s.
	42	9	6,57 $\pm$ 0,475		8	7,29 $\pm$ 0,485		9	6,78 $\pm$ 0,530	
	142	53	6,27 $\pm$ 0,215		52	6,66 $\pm$ 0,193		39	7,34 $\pm$ 0,235	
	241	47	6,17 $\pm$ 0,211		44	6,34 $\pm$ 0,198		42	6,96 $\pm$ 0,239	
	261	26	5,78 $\pm$ 0,280		27	6,08 $\pm$ 0,248		20	7,40 $\pm$ 0,349	
GES	K	98	6,23 $\pm$ 0,180	n.s.	95	6,58 $\pm$ 0,167	n.s.	83	7,08 $\pm$ 0,197	n.s.
	W	77	6,04 $\pm$ 0,203		73	6,53 $\pm$ 0,205		62	7,03 $\pm$ 0,244	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *= $p < 0,05$, n.s. =nicht signifikant

Die Nachkommen der Pietrain-Eber hatten nach 3 Tagen Reifungsdauer etwas zarteres Fleisch in allen untersuchten Teilstücken (um 11% niedrigere Scherwerte), was sich für das Teilstück Kotelett statistisch absichern ließ.

Bei Betrachtung der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie hatten die Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*261 die zartesten Oberschalen (3 Tage p.m., 5,34 Nm), die Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*42 hatten die zähsten Oberschalen (6 Tage p.m., 7,89 Nm).

Bei der varianzanalytischen Untersuchung für das Teilstück Kotelett zeigte sich bei der Messung 6 Tage p.m. ein schwach signifikanter Einfluss des Geschlechts ($p < 0,05$), sowie in der Interaktion zwischen Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht ($p < 0,05$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich nicht ermitteln. Die nachstehende Tabelle 5.53 zeigt die erhobenen Werte für die Genotypen.

Tabelle 5.53: Scherkraftmessung (Nm) im Teilstück Kotelett nach unterschiedlicher Reifedauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
---------------	-----------	---	----------	------------------	---	----------	------------------	---	----------	------------------

VL	Pi	98	5,54 ± 0,189	n.s.	108	5,97 ± 0,171	n.s.	54	5,61 ± 0,248	n.s.
	Du	82	5,75 ± 0,183		85	6,41 ± 0,195		92	5,78 ± 0,187	
ML	21	41	5,86 ± 0,242	n.s.	49	5,98 ± 0,195	n.s.	36	5,84 ± 0,329	n.s.
	42	9	5,73 ± 0,462		8	6,86 ± 0,496		10	5,69 ± 0,486	
	142	56	5,71 ± 0,218		61	6,11 ± 0,190		35	5,59 ± 0,261	
	241	47	5,55 ± 0,205		44	6,05 ± 0,203		43	5,75 ± 0,257	
	261	27	5,37 ± 0,266		31	5,95 ± 0,240		22	5,60 ± 0,353	
GES	K	105	5,49 ± 0,173	n.s.	103	5,91 ± 0,163	*	83	5,73 ± 0,206	n.s.
	W	75	5,80 ± 0,198		90	6,47 ± 0,201		63	5,66 ± 0,233	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Generell lässt sich erkennen, dass die Teilstücke bei der Messung 6 Tage p.m. ihren höchsten Scherwert hatten und zur Messung 8 Tage p.m. wieder abfielen. Insgesamt lagen die Werte für das Teilstück Kotelett nah beinander. Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten einen etwas schlechteren Scherwert als die der Pietrain-Eber, was sich aber statistisch nicht absichern ließ. Lediglich innerhalb des Geschlechts zeigte sich ein signifikanter Einfluss nach 6 Tagen Reifung. Hier hatten die männlichen Nachkommen einen um 9% geringeren Scherwert als die weiblichen Tiere. Bei der Messung 8 Tage p.m. waren keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Geschlechtern feststellbar.

Die Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie*Geschlecht ließ sich schwach signifikant bei der Messung 6 Tage p.m. absichern. Hier fand sich der geringste Scherwert bei den Börgen der Kreuzung Pietrain*42 (5,08 Nm) und der höchste Scherwert bei den Kastraten aus der Kreuzung Duroc*42 (7,12 Nm).

5.2.7 Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star)

5.2.7.1 Fleischhelligkeitsmessung im Teilversuch 1

5.2.7.1.1 Fleischhelligkeitsmessung in den Teilstücken

Die nachstehende Tabelle 5.54 gibt zunächst einen Überblick über die Mittelwerte sowie die Spannweite der Ergebnisse der Helligkeitsmessung der Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett nach Reifung in der SB-Schale im Teilversuch 1:

Tabelle 5.54: Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star, Punkte) für die Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett nach unterschiedlicher Lagerdauer

Fleischhelligkeit	Zeitpunkt	n	Opto-Star Punkte			
			Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Nacken	3 Tage p.m.	208	52,07	10,50	18,50	74,80
	6 Tage p.m.	225	51,57	9,07	27,30	76,70
	8 Tage p.m.	218	52,90	8,79	25,50	77,80
Oberschale	3 Tage p.m.	210	48,40	8,71	23,10	75,10
	6 Tage p.m.	226	48,82	9,30	14,30	78,00
	8 Tage p.m.	218	48,97	8,71	17,10	72,80
Kotelett	3 Tage p.m.	218	45,98	9,08	15,30	77,90
	6 Tage p.m.	223	45,82	8,07	22,70	71,90
	8 Tage p.m.	212	45,09	8,68	18,50	68,60

Es zeigte sich, dass die Mittelwerte an allen drei Messtagen im Teilstück Nacken im ähnlichen Bereich um 52,00 Punkte lagen, die Werte im Maximum lagen ebenfalls nah beinander. Die Mittelwerte im Teilstück Oberschale waren signifikant niedriger und lagen um 48,00 Punkte. Allerdings war der Maximalwert bei der Messung 6 Tage p.m. etwas höher als bei den anderen beiden Messtagen. Die Mittelwerte im Teilstück Kotelett waren sehr ähnlich um 45,00 Punkte. Dabei war der höchste Wert bei den Messungen schon 3 Tage p.m. zu erkennen. Das Farbhaltvermögen in diesem Teilstück ließ leicht nach.

5.2.7.1.2 Beziehungen zwischen den Ergebnissen der Fleischhelligkeitsmessungen

Bei Durchführung einer Korrelationsanalyse zeigte sich, dass die Parameter alle hoch signifikant positiv miteinander korrelierten. Die stärksten Korrelationen zwischen $r=0,35$ und $r=0,68$ zeigten sich bei den Messungen im selben Teilstück, die stärksten Beziehungen fanden sich zwischen den Werten 6 und 8 Tage p.m. Bei den Messungen zum selben Zeitpunkt lagen die Werte zwischen $r=0,38$ und $r=0,62$, wobei hier die stärksten Beziehungen zwischen Kotelett und Oberschale 3 Tage p.m. zu finden waren. Die Tabelle mit den einzelnen Werten findet sich im Anhang (11.28).

5.2.7.1.3 Varianzanalytische Auswertung der Einflüsse des Genotyps auf die Fleischhelligkeitsmessungen

In der varianzanalytischen Auswertung der Teilstücke wurden nur wenige signifikante Einflüsse gefunden wurden (Tabelle 5.55). Die ausführlichen Daten finden sich in den Tabellen 11.29, 11.30 und 11.31 im Anhang.

Tabelle 5.55: Varianzanalytische Auswertung der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star, Punkte) für die Teilstücke Nacken, Oberschale und Kotelett nach unterschiedlicher Reifedauer

Faktor	sig ^a		
	p<0,001	p<0,01	p<0,05
Mutterlinie	-	-	Kotelett (3 Tage p.m.)
Geschlecht	-	-	Oberschale (8 Tage p.m.)
Vaterlinie*Mutterlinie	Kotelett (8 Tage p.m.) Oberschale (3, 6 und 8 Tage p.m.) Nacken (3 Tage p.m.)	Kotelett (3 und 6 Tage p.m.)	Nacken (6 Tage p.m.)
Mutterlinie*Geschlecht	-	Nacken (6 Tage p.m.)	Oberschale (8 Tage p.m.)

Im Teilstück Nacken fanden sich lediglich für einzelne Genotypen signifikante Unterschiede. Die dunkelste Fleischfarbe in Nacken zeigten sich bei den Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*261 (drei Tage p.m.; 59,22 Punkte) und die hellsten bei den Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*42 (3 Tage p.m.; 43,77 Punkte). Das Farbhaltvermögen der Nacken verlief je nach Genotyp unterschiedlich. Bei den Nachkommen der Pietrain-Eber, der Mutterlinien 142 und 42 wurden die Teilstücke mit zunehmender Reifung dunkler, bei den Nachkommen der Duroc-Eber sowie der Mutterlinien 21, 241 und 261 wurden die Teilstücke 6 Tage p.m. heller.

Die Auswertung der Fleischhelligkeit im Teilstück Oberschale ergab für die Nachkommen der Pietrain-Eber hellere Werte als für die Nachkommen der Duroc-Eber und war damit gegenläufig zu den Ergebnissen für das Teilstück Nacken. Die insgesamt dunkelste Fleischfarbe in der Oberschalen fand sich bei den Nachkommen der Kreuzung aus Pietrain * 261 (8 Tage p.m.; 53,37 Punkte), die hellsten Fleischfarbe in diesem Teilstück der Nachkommen von der Kreuzung Pietrain * 42 (3 Tage p.m.; 37,10 Punkte). Wiederum wurden die Oberschalen bei zunehmender Reifung bei den Nachkommen der Pietrain-Eber, der Mutterlinien 142 und 261 dunkler. Bei den Nachkommen der Mutterlinien 21 und 241 wurden die Teilstücke 6 Tage p.m. heller. Bei den Nachkommen der Duroc-Eber und der Mutterlinie 42 waren die Teilstücke nach 6 Tagen p.m. am dunkelsten.

Für das Teilstück Kotelett zeigten sich geringe Unterschiede bei den Nachkommen der Eber, die Werte lagen sehr eng bei 45-46 Punkten zusammen. Der Einfluss der Mutterlinie war mit 8,08 Punkten Unterschied zwischen den Nachkommen der Mutterlinien 21 und 42 deutlicher, was sich auch statistisch absichern ließ. Zu beachten ist allerdings die geringe n-Zahl bei den Nachkommen der Mutterlinie 42. Bei Betrachtung der Interaktionen Vaterlinie*Mutterlinie fanden sich die insgesamt hellsten Teilstücke bei den Messungen 3 Tage p.m. bei den Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*42 (35,15 Punkte) und die dunkelsten Teilstücke bei den Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*21 (53,03 Punkte). Die Nachkommen der Duroc-Eber sowie der Mutterlinie 261 zeigten hellere Teilstücke mit zunehmender Reifung. Bei den Nachkommen der Mutterlinie 142 wurden die Teilstücke bei Reifung etwas dunkler. Die dunkelsten Teilstücke 6 Tage p.m. lagen bei den Nachkommen der Pietrain-Eber sowie den Mutterlinien 241 und 42 vor. Lediglich die Nachkommen der Mutterlinie 21 bildeten eine Ausnahme, hier wurden die Teilstücke mit zunehmender Reifung durchgängig heller.

5.2.7.2 Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung sowie Einfluss des Genotyps im Teilversuch 2

Im Teilversuch 2 wurde die Fleischhelligkeit am Kotelettanschnitt gemessen. Die Mittelwerte lagen bei 70,45 Punkten, die Standardabweichung bei 5,71 Punkten. Da die varianzanalytische Auswertung keine signifikanten Einflüsse ergab, finden sich die einzelnen Tabellen 11.32 und 11.33 nur im Anhang.

Die Werte für alle Genotypen schwankten um 70 Punkte. Die dunkelsten Teilstücke fanden sich bei den Nachkommen der Mutterlinie 21 (71,52), die hellsten mit 1,71 Punkten weniger bei den Nachkommen der Mutterlinie 241 (69,81 Punkte). Bei Betrachtung der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie fällt auf, dass die Werte alle um 70,00 lagen. Lediglich die Werte aus der Fleischhelligkeitsmessung der Nachkommen von den Duroc-Kreuzungen lagen insgesamt etwas höher.

5.2.8 Ergebnisse der Messung des intramuskulären Fettgehalts im Teilversuch 2

Wie bereits erwähnt konnten die IMF-Werte aus dem Teilversuch 1 nicht verwendet werden. Da die Werte im Teilversuch 2 mit einer anderen Methode und bei einer anderen Einrichtung erhoben wurden, standen diese Werte gesichert zur Verfügung.

Eine Übersicht über den intramuskulären Fettgehalt im Kotelett aus Teilversuch 2 gibt die nachstehende Tabelle 5.56.

Tabelle 5.56: Ergebnisse des intramuskulären Fettgehalts (IMF) im Kotelett (%), Teilversuch 2

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
IMF Kotelett (%)	233	1,62	0,53	0,60	3,70

Die Mittelwerte lagen dabei bei 1,62% intramuskulärem Fett im untersuchten Teilstück Kotelett und hatten eine Standardabweichung von 0,53. Der geringste Wert lag bei 0,60%, der maximale Wert bei 3,70%.

Die varianzanalytische Auswertung ergab einen hoch signifikanten Einfluss der Vaterlinie ($p < 0,001$). Weitere signifikante Einflüsse, auch innerhalb der Interaktionen, ließen sich nicht ermitteln. Die nachstehenden Tabelle 5.57 zeigt die einzelnen Werte für die Genotypen.

Tabelle 5.57: Intramuskulärer Fettgehalt (% IMF) im Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	IMF (%)	sig ^a
VL	Pi	153	1,52 $\pm$ 0,045	***
	Du	80	1,85 $\pm$ 0,061	
ML	21	51	1,74 $\pm$ 0,071	n.s.
	42	21	1,82 $\pm$ 0,114	
	142	61	1,65 $\pm$ 0,070	
	241	53	1,66 $\pm$ 0,078	
	261	47	1,55 $\pm$ 0,082	
GES	K	114	1,73 $\pm$ 0,054	n.s.
	W	119	1,64 $\pm$ 0,053	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, n.s. = nicht signifikant

Hier zeigte sich für die Nachkommen der Vaterlinie Duroc ein um 0,33% hoch signifikant höherer intramuskulärer Fettgehalt im Kotelett als für die Nachkommen der Pietrain-Eber. Die Nachkommen der Mutterlinie 42 hatten einen um 0,28% höheren IMF-Gehalt als die Nachkommen der Mutterlinie 261, die den geringsten IMF-Gehalt auswiesen, allerdings ließ sich dies statistisch nicht absichern. Ansonsten lagen die IMF-Werte für die Nachkommen der Mutterlinien relativ eng beieinander, was auch für die Betrachtung des Geschlechts gilt. Nachstehend zeigt die Abbildung 5.10 die IMF-Werte aus Teilversuch 2 für die Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie, sie hatte keinen signifikanten Einfluss. Hier wird deutlich, dass die Nachkommen von den Duroc-Kreuzungen (rote Balken) einen höheren IMF-Gehalt hatten. Allerdings zeigten sich die Nachkommen der Mutterlinie 261 unabhängig von der Vaterlinie mit dem geringsten IMF-Gehalt, was. Die rote Linie markiert den Mittelwert.

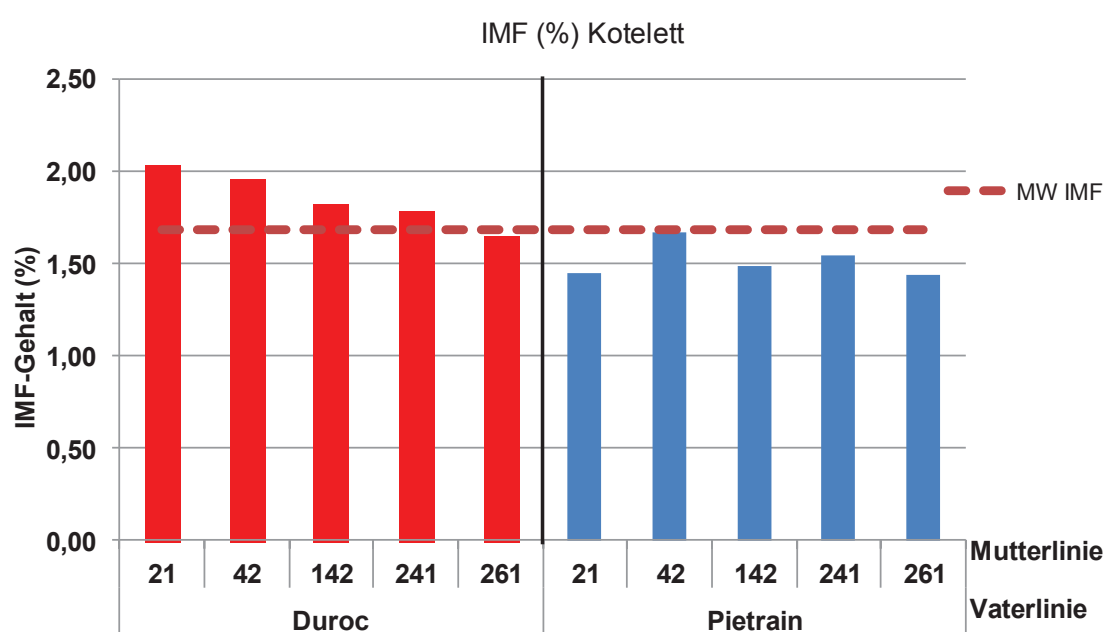


Abbildung 5.10: Intramuskulärer Fettgehalt (% IMF) im Kotelett, Interaktion Genotyp (LS-means), Teilversuch 2

Die Mast- und Schlachtleistungsergebnisse dieser Tiere sind in der Tabelle 11.34 im Anhang zusammengefasst.

5.2.9 Beziehungen zwischen den Fleischqualitätsparametern im Teilversuch 2

Die nachstehende Tabelle 5.58 zeigt die Beziehungen aller im Teilversuch 2 gemessenen Fleischparameter. Insgesamt korrelierten die Parameter weitgehend miteinander. Besonders der pH1 Kotelett und der Tropfsaftverlust im Kotelett korrelierten mit allen weiteren erhobenen Parametern. Die Leitfähigkeit vor der Zerlegung weist die engste Beziehung zum Tropfsaftverlust des gleichen Teilstücks (Kotelett) auf. Der intramuskuläre Fettgehalt hatte

lediglich zum pH-Wert¹ im Kotelett sowie zum pH vor Zerlegung im Kotelett und Schinken sowie zum Leitfähigkeitswert im Schinken signifikante Beziehungen.

Tabelle 5.58: Korrelationen zwischen den Parametern pH1 und pH vor Zerlegung und Leitfähigkeit ($LF_{\text{vor Zerlegung}}$ in mS/cm) in Kotelett und Schinken, der Fleischhelligkeitsmessung am Kotelett (Opto-Star, Punkte), des Tropfsaftverlustes (TSV 48 h p.m. in %), sowie des intramuskulären Fettgehalts (%) im Kotelett, Teilversuch 2

Parameter		pH 1 Schinken	pH vor Zerlegung Kotelett	pH vor Zerlegung Schinken	LF vor Zerlegung Kotelett	LF vor Zerlegung Schinken	Helligkeit Kotelett	TSV Kotelett	IMF Kotelett
pH1 Kotelett	r p< n	0,294 0,001 240	0,166 0,001 240	0,286 0,001 240	-0,439 0,001 240	-0,423 0,001 240	0,224 0,001 240	-0,435 0,001 240	0,165 0,01 233
pH1 Schinken	r p< n		0,021 0,744 240	0,210 0,001 240	-0,433 0,001 240	-0,435** 0,001 240	0,204 0,001 240	-0,433 0,001 240	0,119 0,070 233
pH vor Zerlegung Kotelett	r p< n			0,665 0,001 240	0,030 0,639 240	-0,085 0,187 240	0,383 0,001 240	-0,195 0,001 240	0,176 0,001 233
pH vor Zerlegung Schinken	r p< n				-0,107 0,097 240	-0,221** 0,001 240	0,294 0,001 240	-0,313 0,001 240	0,207 0,001 233
LF vor Zerlegung Kotelett	r p< n					0,476** 0,001 240	-0,067 0,301 240	0,650 0,001 240	-0,026 0,694 233
LF vor Zerlegung Schinken	r p< n						-0,122 0,060 240	0,433 0,001 240	-0,137 0,01 233
Helligkeit Kotelett	r p< n							-0,275 0,001 240	0,113 0,085 233
TSV Kotelett	r p< n								-0,098 0,136 233

5.2.10 Zusammenfassung der Analyse der physikalisch-chemischen Parameter der Fleischqualität

Die Ergebnisse der Fleischqualitätsmessungen unter Praxisbedingungen (Teilversuch 1) ergaben in fast allen Parametern bessere Werte für die Duroc-Nachkommen. Signifikant waren dabei die Tropfsaftverluste im Kotelett 3 Tage p.m., hier waren die Pietrain-Nachkommen um 20% schlechter, als die Duroc-Nachkommen. Ein ähnliches Bild ergibt der Teilversuch 2, auch hier die Duroc-Nachkommen um ca. 20% geringer im Tropfsaftverlust 48 h p.m., als die Pietrain-Nachkommen. Der intramuskuläre Fettgehalt wurde unter exakten Bedingungen gemessen und ergab für die Duroc-Nachkommen (1,85%) einen um 20% höheren Wert, als für die Pietrain-Nachkommen (1,52%). Der Einfluss der Mutterlinien auf die Parameter der Fleischqualität war nur schwach bzw. nicht signifikant abzusichern. Lediglich im pH vor Zerlegung im Teilversuch 2, und damit das Wasserbindungsvermögen, zeigten die Nachkommen der Mutterlinie 21 einen signifikant höheren Wert als die Nachkommen der Mutterlinie 261. Im resultierenden Tropfsaft waren diese Effekte nur noch tendenziell zu erkennen.

Die pH1 Messungen ergaben PSE-Verdacht für 36 Tiere im Teilversuch 2 (Grenzwert: pH1<5,8). Unter Praxisbedingungen (Teilversuch 1) am Schlachthof waren hingegen PSE Fälle praktisch nicht nachweisbar.

5.3 Histologische und histochemische Kriterien der Fleischqualität

5.3.1 Anteil der Muskelfasertypen

Die Probenentnahme für die histologischen Untersuchungen fand im Teilversuch 1 statt. Die Untersuchungen wurden bei 130 Tieren durchgeführt. Die Mast- und Schlachtleistungsergebnisse dieser 130 Tiere sind in der Tabelle 11.35 im Anhang zusammengefasst. Aufgrund der Probenentnahme vor der Klassifizierung wurde die Auswahl nach Genotyp und nicht nach Schlachtleistung getroffen. Um zunächst einen Überblick über die erhobenen Werte zu geben, werden in Tabelle 5.59 die Mittelwerte sowie die Spannweite der erhobenen Werte dargestellt.

Tabelle 5.59: Ergebnisse der Muskelfasertypisierung (%), Teilversuch 1

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Anteil rote Fasern (%)	130	26,79	9,87	5,00	58,40
Anteil intermediäre Fasern (%)	130	11,83	4,63	4,24	28,09
Anteil weiße Fasern (%)	130	61,37	10,74	35,86	83,13

Es wurde deutlich, dass der Anteil der intermediären Fasern am geringsten, der Anteil der weißen Fasern am höchsten ist. Die Spannweite lag bei den roten und weißen Fasern bei 10,74%, bei den intermediären Fasern war die Spannweite mit ca. 4,63% sehr viel geringer. Die Varianzanalyse für die Muskelfaserzusammensetzung ergab lediglich einen signifikanten Einfluss für die Vaterlinie beim Anteil der roten Fasern ($p < 0,01$). Weitere signifikante Einflüsse ließen sich, auch für die Interaktionen, nicht ermitteln. Die nachstehende Tabelle 5.60 zeigt die LS-means für die Genotypen.

Tabelle 5.60: Anteil der verschiedenen Muskelfasertypen (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Anteil rote Fasern (%)	sig ^a	Anteil intermediäre Fasern (%)	sig ^a	Anteil weiße Fasern (%)	sig ^a
VL	Pi	105	26,72 $\pm$ 1,143	*	12,00 $\pm$ 0,579	n.s.	61,72 $\pm$ 1,304	n.s.
	Du	25	33,94 $\pm$ 2,660		9,21 $\pm$ 1,348		56,85 $\pm$ 3,035	
ML	21	43	28,55 $\pm$ 1,576	n.s.	12,63 $\pm$ 0,794	n.s.	58,83 $\pm$ 1,787	n.s.
	42	11	28,64 $\pm$ 2,804		11,45 $\pm$ 1,421		59,90 $\pm$ 3,200	
	142	39	29,44 $\pm$ 2,940		9,85 $\pm$ 1,490		60,71 $\pm$ 3,355	
	241	25	29,57 $\pm$ 3,351		10,69 $\pm$ 1,698		59,74 $\pm$ 3,823	
	261	12	30,6 $\pm$ 3,233		9,91 $\pm$ 1,638		59,49 $\pm$ 3,689	
GES	K	66	31,16 $\pm$ 1,642	n.s.	11,23 $\pm$ 0,832	n.s.	57,61 $\pm$ 1,874	n.s.
	W	64	27,49 $\pm$ 2,012		10,44 $\pm$ 1,019		62,07 $\pm$ 2,295	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *= $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant

Der Anteil der roten Fasern war bei den Nachkommen der Duroc-Eber um 7,22% höher. Dies verdeutlichte sich beim Anteil der weißen und intermediären Fasern, die bei den Nachkommen der Pietrain-Eber um 2,79% bzw. 4,87% höher waren.

Der maternale Einfluss auf die Muskelfaserzusammensetzung ließ sich statistisch nicht absichern, da die roten und weißen Fasern ähnlich verteilt waren. Lediglich bei den intermediären Fasern zeigten sich Unterschiede, so dass die Nachkommen der Mutterlinie 21 den insgesamt höchsten Anteil an intermediären Fasern aufwiesen. Dies sind 2,78% mehr, als bei den Nachkommen der Mutterlinie 142, die den geringsten Anteil an

intermediären Fasern besitzen. Der Einfluss des Geschlechts ließ sich ebenfalls statistisch nicht absichern. Hier lagen die Muskelfaserzusammensetzung etwas auseinander (rot: 3,67%, weiß: 0,79%, intermediär: 4,26%).

Die nachstehende Abbildung 5.11 zeigt die Verteilung der Muskelfasern innerhalb der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie, die sich statistisch nicht absichern ließ. Versuchsbedingt konnten keine Tiere aus der Kreuzung Duroc*42 untersucht werden.

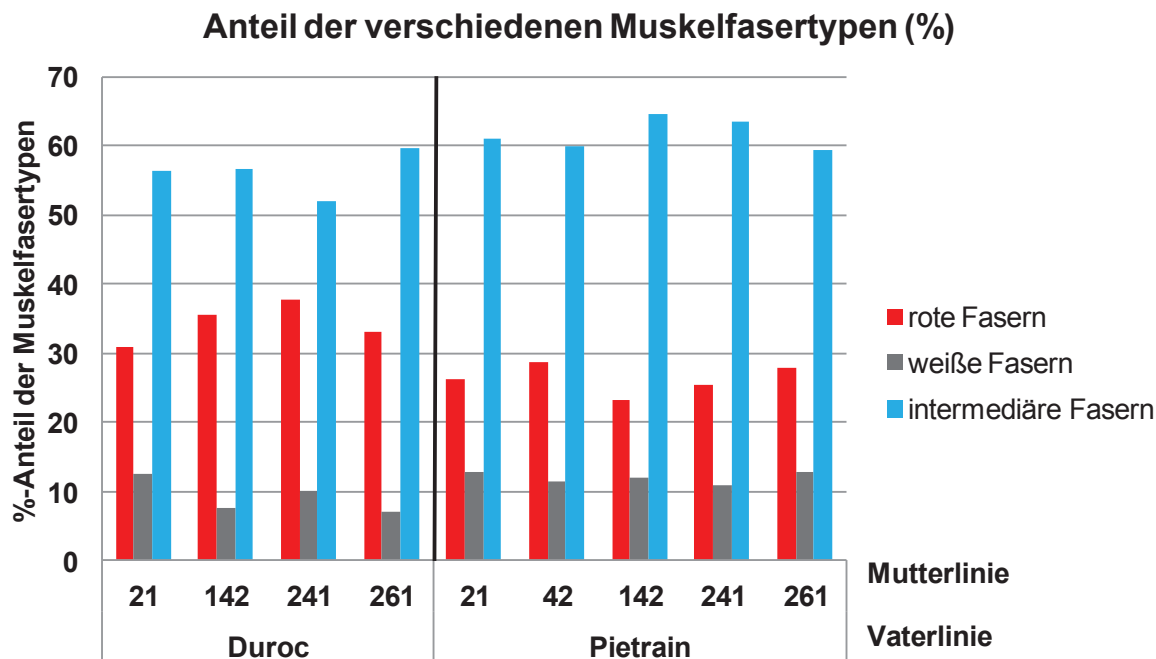


Abbildung 5.11: Verteilung der verschiedenen Muskelfasertypen (%) nach Genotyp

Es zeigt sich, dass bei den Nachkommen von der Duroc-Besamung die roten Fasern einen höheren Anteil annehmen. Der Anteil der weißen Fasern war bei den Nachkommen von der Pietrain-Besamung höher, wobei die Nachkommen von der Kreuzung Duroc*21 im Anteil der weißen Fasern durchaus mit den Nachkommen der Pietrain-Eber vergleichbar sind. Somit hatte die Vaterlinie einen starken Einfluss auf die Verteilung der Muskelfasern, was sich durch die statistische Absicherung bestätigt.

Die Ermittlung der Korrelationen zu den erhobenen Parametern zeigte unter anderem signifikant positive Korrelationen des Anteils der intermediären Fasern zum pH3 Kotelett, pH6 Schinken sowie zum pH vor Zerlegung im Schinken und Kotelett. Der Anteil der roten Fasern korrelierte hingegen negativ zum pH vor Zerlegung im Schinken ($r=-0,22^*$). Die Tabelle 11.36 mit den einzelnen Werten befindet sich im Anhang.

5.3.2 Durchschnittliche Größe des Faserquerschnitts

Die nachstehende Tabelle 5.61 gibt einen Überblick über die durchschnittliche Größe der einzelnen Faserquerschnitte.

Tabelle 5.61: Durchschnittliche Größe des Faserquerschnitts (rot, intermediär und weiß) in μm

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Größe einzelne Faser (μm)	130	6,91	2,331	3,10	14,17
Größe rote Fasern (μm)	130	5,21	1,893	0,93	11,07
Größe intermediäre Fasern (μm)	130	4,15	4,828	1,52	21,68
Größe weiße Fasern (μm)	130	8,94	2,225	0,57	13,78

Der Faserquerschnitt betrug durchschnittlich 6,91 μm , der Maximalwert lag bei 14,17 μm . Die weißen Fasern waren mit durchschnittlich 8,94 μm die größten Fasern, die intermediären Fasern mit 4,15 μm^2 die kleinsten. Die heterogenste Gruppe mit der größten Spanne waren die intermediären Fasern.

Die Vaterlinie beeinflusste die durchschnittliche Fasergröße signifikant ($p < 0,01$). Für die Größe der roten und intermediären Fasern war dieser Einfluss schwächer ($p < 0,05$). Es konnten keine weiteren signifikanten Einflüsse auf die Größen der einzelnen Fasern, auch bei den verschiedenen Interaktionen, ermittelt werden.

Die Tabelle 5.62 zeigt die LS-means für die Genotypen. Die Nachkommen der Duroc-Eber haben insgesamt eine um 2,21 μm signifikant kleinere Faserquerschnittsfläche, als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Dies zeigt sich auch bei den roten (1,28 μm) und intermediären Fasern (2,44 μm). Zu beachten ist hier allerdings, dass nur ca. 20% der Proben von Duroc-Ebern stammten. Bei den Mutterlinien fanden sich die größten Faserquerschnitte bei den Nachkommen der 241, diese waren um 1,18 μm größer, als von den Nachkommen der Mutterlinie 42, die die geringste Größe aufwiesen, dies ließ sich allerdings statistisch nicht absichern. Bei Betrachtung des Geschlechts, was sich ebenfalls statistisch nicht absichern ließ, waren die Fasern bei den weiblichen Tieren um 1 μm größer.

Tabelle 5.62: Durchschnittliche Faserquerschnittsfläche (gesamt sowie nach Fasertypen) (μm) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Faserquerschnittsfläche (μm)							
			insgesamt	sig ^a	rote Fasern	sig ^a	weiße Fasern	sig ^a	intermediären Fasern	sig ^a
VL	Pi	105	7,21 $\pm$ 0,261	**	5,28 $\pm$ 0,228	**	9,44 $\pm$ 0,577	n.s.	4,19 $\pm$ 0,273	**
	Du	25	5,00 $\pm$ 0,608		4,00 $\pm$ 0,530		7,00 $\pm$ 1,342		3,00 $\pm$ 0,635	
ML	21	43	6,26 $\pm$ 0,358	n.s.	5,01 $\pm$ 0,312	n.s.	8,60 $\pm$ 0,790	n.s.	4,15 $\pm$ 0,374	n.s.
	42	11	7,00 $\pm$ 0,641		5,00 $\pm$ 0,559		8,00 $\pm$ 1,415		3,00 $\pm$ 0,669	
	142	39	5,82 $\pm$ 0,672		4,35 $\pm$ 0,586		7,20 $\pm$ 1,483		2,95 $\pm$ 0,702	
	241	25	7,00 $\pm$ 0,766		5,00 $\pm$ 0,668		9,00 $\pm$ 1,690		3,00 $\pm$ 0,800	
	261	12	5,91 $\pm$ 0,739		4,35 $\pm$ 0,644		0,17 $\pm$ 1,631		3,73 $\pm$ 0,772	
GES	K	66	6,00 $\pm$ 0,375	n.s.	4,00 $\pm$ 0,327	n.s.	7,00 $\pm$ 0,828	n.s.	3,00 $\pm$ 0,392	n.s.
	W	64	7,00 $\pm$ 0,480		5,00 $\pm$ 0,401		9,00 $\pm$ 1,015		4,00 $\pm$ 0,480	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **= $p < 0,01$, n.s. = nicht signifikant

Die nachstehende Abbildung 5.12 zeigt den durchschnittlichen Faserquerschnitt insgesamt für die Genotypen. Es zeigt sich, dass die Nachkommen der Pietrain-Eber größere Fasern haben, als die Duroc-Nachkommen.

Bei Betrachtung der Beziehungen der Schlachtleistungsergebnisse mit den Parametern aus der Muskelfaserbestimmung fällt auf, dass das Schlachtgewicht keine signifikanten Korrelationen aufweist. Der Muskelfleischanteil dagegen korrelierte schwach negativ mit dem Anteil der roten Fasern ($r = -0,18^*$) und positiv zur Fläche der einzelnen Faser ($r = 0,27^{**}$) sowie zur Faserquerschnittsfläche der roten Faser ($r = 0,34^{**}$). Der Reflexionswert ist negativ mit dem Anteil weißer Fasern korreliert ($r = -0,19^*$). Das Fleischmaß korrelierte negativ mit dem Anteil der roten Fasern ($r = -0,21^*$) sowie positiv mit dem durchschnittlichen Faserquerschnitt ($r = 0,24^{**}$). Der Anteil der roten Fasern korreliert negativ mit dem pH1 im Schinken ($r = -0,26^{**}$), der Anteil der weißen Fasern hingegen positiv mit dem pH im Schinken vor Zerlegung ($r = 0,36^{**}$). Die Tabellen 11.37 und 11.38 mit den einzelnen Werten befinden sich im Anhang.

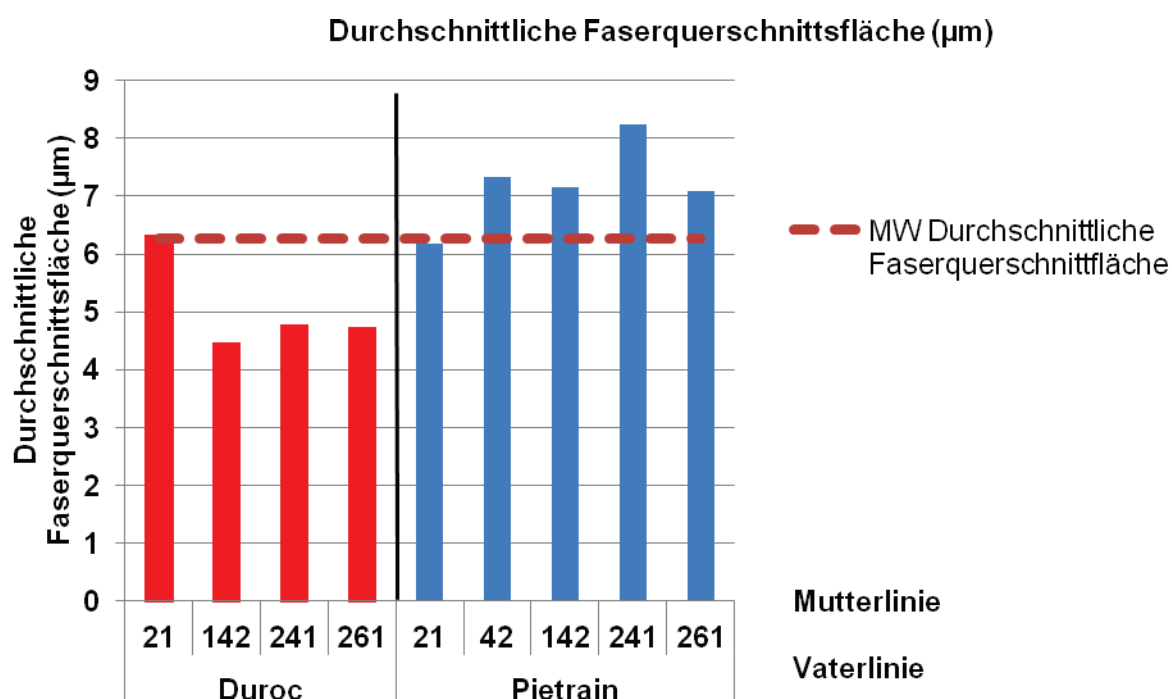


Abbildung 5.12: Durchschnittliche Faserquerschnittsfläche insgesamt (μm) nach Genotypen

5.3.3 Adipozytenfläche im M. spinalis in den histologischen Präparationen

Um einen Überblick über die erhobenen Werte für die Adipozytenfläche im M. spinalis zu geben, sind in der nachstehenden Tabelle 5.63 u.a. die Mittelwerte angegeben.

Tabelle 5.63: Übersicht über die Adipozytenfläche im M. spinalis (%)

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Adipozytenfläche im M. spinalis (%)	133	8,59	7,058	0,50	33,50

Die Adipozytenfläche im M. spinalis zeigte einen großen Unterschied zwischen den Minimal- und Maximalwerten. Dies wird in der nachstehenden Auswertung der Genotypen erläutert.

Mittels der varianzanalytischen Auswertung ließen sich keine signifikanten Einflüsse feststellen. Die nachstehende Tabelle 5.64 zeigt die LS-means für die festen Faktoren Vater- und Mutterlinie sowie Geschlecht.

Hier zeigte sich, dass die Adipozytenfläche im M. spinalis bei den Nachkommen der Pietrain-Eber um 1,69% höher war, als bei den Nachkommen der Duroc-Eber. Die geringste Adipozytenfläche im M. spinalis hatten die Nachkommen der Mutterlinie 142, den höchsten die Nachkommen der Mutterlinie 21. Die weiblichen Tiere hatten 0,8% mehr Adipozytenfläche im M. spinalis als die Kastraten.

Tabelle 5.64: Anteil der Adipozytenfläche im M. spinalis (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Adipozytenfläche im M. spinalis (%)	sig ^a
VL	Pi	106	8,56 $\pm$ 0,862	n.s.
	Du	27	6,89 $\pm$ 2,006	
ML	21	44	9,71 $\pm$ 1,150	n.s.
	42	11	8,9 $\pm$ 2,137	
	142	39	6,52 $\pm$ 2,241	
	241	25	8,19 $\pm$ 2,554	
	261	14	6,64 $\pm$ 2,410	
GES	K	69	7,50 $\pm$ 1,233	n.s.
	W	64	8,30 $\pm$ 1,533	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s. = nicht signifikant

Die nachstehende Abbildung 5.13 zeigt die Auswertung des Anteils der Adipozytenfläche im M. spinalis nach der Interaktion Genotyp.

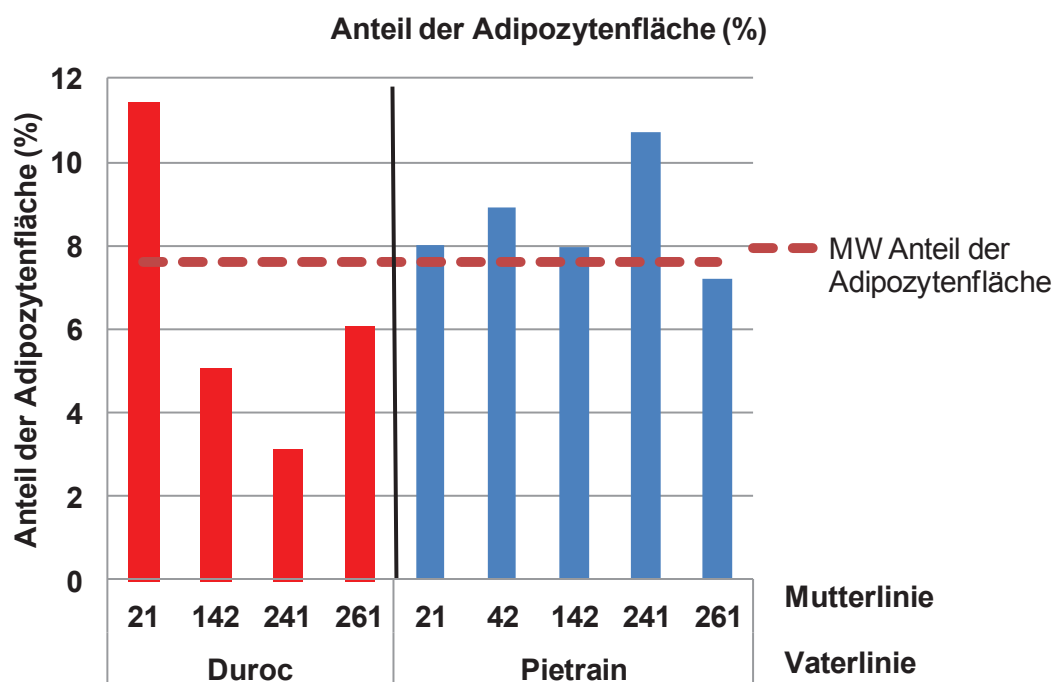


Abbildung 5.13: Anteil der Adipozytenfläche im M. spinalis (%), Genotyp

Es zeigt sich, dass die Nachkommen der Duroc-Eber weniger Adipozytenfläche im M. spinalis hatten. Eine Ausnahme bilden die Nachkommen von der Duroc-Besamung mit der Mutterlinie 21, sie hatten eine größere Adipozytenfläche im M. spinalis.

Da aus technischen Gründen im Teilversuch 2 kein IMF-Gehalt bestimmt werden konnte, kann der Zusammenhang zwischen Adipozytenfläche im M. spinalis und dem intramuskulären Fettgehalt im Kotelett nicht dargestellt werden.

5.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der histochemischen Analyse

In der histochemische Analyse konnten lediglich Unterschiede zwischen den Vaterlinien im Anteil der roten Fasern sowie bei den Größen der einzelnen Fasern aufgezeigt werden. Die Pietrain-Nachkommen hatten um 7,22% weniger Flächenanteil an roten Fasern als die Duroc-Nachkommen. Dabei zeigten die Duroc-Nachkommen sowohl insgesamt (um 2,21 μm^2) als auch bei den roten (um 1,28 μm^2) als auch bei den intermediären Fasern (um 1,19 μm^2) kleinere Fasern. Der Muskelfleischanteil korrelierte schwach negativ mit dem Anteil der roten Fasern ($r=-0,18^*$) und positiv zum Durchmesser der einzelnen Faser ($r=0,27^{**}$) sowie zum Durchmesser der roten der einzelnen Faser ($r=0,34^{**}$). Zu den Parametern der Fleischqualität ließen sich kaum Zusammenhänge feststellen, da im Teilversuch 1 eine geringe Variation in den Ergebnissen der Fleischqualität vorlag.

5.4 Ergebnisse der sensorischen Bewertung

Ein Überblick über die Mittelwerte sowie die Spannbreite der sensorischen Ergebnisse ist in der nachstehenden Tabelle 5.65 zu finden.

Es wird deutlich, dass die Mittelwerte um 3,5 schwankten. Auch die Standardabweichung zeigte wenig Unterschiede. Die größten Unterschiede waren in der Bewertung des Aromas zu finden. Hier lag der Minimal-Wert bei 1,00, der Maximal-Wert bei 4,75.

Tabelle 5.65: Ergebnisse der Sensorischen Bewertung für das Teilstück Kotelett (Punkte), Teilversuch 1

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Aroma	184	3,51	0,583	1,00	4,75
Zartheit	184	3,55	0,590	2,25	5,00
Saftigkeit	184	3,38	0,643	1,75	5,00
Aussehen	184	3,81	0,535	2,00	5,00
Gesamt	184	3,52	0,498	2,19	4,81

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind in Tabelle 5.66 dargestellt. Hier zeigten sich generell hohe signifikante Korrelationen, zum Beispiel zwischen der Saftigkeit und Zartheit. Ebenso hatte die Zartheit einen starken Zusammenhang zum Aroma. Etwas schwächer stellten sich die Beziehungen zwischen dem Aussehen und den geschmacklichen Parametern dar, welche allerdings ebenfalls hoch signifikant waren. Den größten Einfluss auf den Gesamteindruck hatte die Zartheit, gefolgt vom Eindruck der Saftigkeit.

Tabelle 5.66: Korrelationen zwischen den Parametern der Sensorik

Kriterium		Zartheit	Saftigkeit	Aussehen	Gesamt
Aroma	r	0,487	0,234	0,322	0,642
	p<	0,001	0,001	0,001	0,001
	n	184	184	184	184
Zartheit	r		0,715	0,319	0,778
	p<		0,001	0,001	0,001
	n		184	184	184
Saftigkeit	r			0,333	0,710
	p<			0,001	0,001
	n			184	184
Aussehen	r				0,606
	p<				0,001
	n				184

Die Varianzanalyse der sensorischen Untersuchungen ergab signifikante Einflüsse der Vaterlinie bei allen vier Parametern: schwach signifikant bei Aussehen und Saftigkeit ($p < 0,05$), signifikant bei Zartheit ($p < 0,01$) und hoch signifikant bei Aroma ($p < 0,001$). Weitere signifikante Einflüsse, auch bei den Interaktionen, ließen sich nicht ermitteln. Die Tabelle 5.67 zeigt die LS-means. Nach Auswertung der Ergebnisse zeigte sich, dass die Nachkommen der Duroc-Eber bei allen Bewertungen immer über den der Pietrain-Nachkommen lagen. Im Aussehen und in der Zartheit waren dies 7%, bei der Saftigkeit 8% und beim Aroma sogar 10% Unterschied. Dies bestätigte die statistische Absicherung. Geschlechtseinflüsse ließen sich nicht erkennen, die Werte lagen sehr eng beieinander. Bei den Nachkommen der Mutterlinien zeigten sich im Merkmal Zartheit kaum Unterschiede. Allerdings gab es in den weiteren Parametern deutliche Unterschiede. Die Nachkommen der Mutterlinie 241 waren in der Bewertung des Aussehens sowie des Aromas jeweils am höchsten bewertet. Die Nachkommen der Mutterlinie 261 wurden im Aroma und in der Zartheit am geringsten bewertet.

Tabelle 5.67: Ergebnisse der sensorischen Bewertung (Punkte) für das Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES)(LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	Aussehen (Punkte)	sig ^a	Zartheit (Punkte)	sig ^a	Saftigkeit (Punkte)	sig ^a
VL	Pi	77	3,37 $\pm$ 0,078	*	3,40 $\pm$ 0,080	*	3,21 $\pm$ 0,085	*
	Du	107	3,62 $\pm$ 0,068		3,64 $\pm$ 0,070		3,47 $\pm$ 0,075	
ML	21	47	3,46 $\pm$ 0,091	n.s.	3,52 $\pm$ 0,092	n.s.	3,55 $\pm$ 0,099	n.s.
	42	11	3,69 $\pm$ 0,179		3,50 $\pm$ 0,182		3,23 $\pm$ 0,195	
	142	51	3,42 $\pm$ 0,081		3,51 $\pm$ 0,083		3,30 $\pm$ 0,089	
	241	47	3,52 $\pm$ 0,089		3,53 $\pm$ 0,091		3,27 $\pm$ 0,097	
	261	28	3,38 $\pm$ 0,112		3,53 $\pm$ 0,115		3,36 $\pm$ 0,123	
GES	K	98	3,57 $\pm$ 0,067	n.s.	3,59 $\pm$ 0,069	n.s.	3,41 $\pm$ 0,073	n.s.
	W	86	3,43 $\pm$ 0,079		3,45 $\pm$ 0,081		3,28 $\pm$ 0,086	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *, $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant

Die Betrachtung der Interaktion Vaterlinie*Mutterlinie im Parameter „Gesamtbewertung“ ergibt die nachstehende Abbildung 5.14, diese ließ sich statistisch nicht absichern. Hier zeigte sich, dass der Einfluss des Duroc-Ebers in allen Parametern deutlich ist, da die Bewertungen alle über dem allgemeinen Durchschnitt (rote Linie) liegen. Die Nachkommen von der Kreuzung Pietrain*261 liegen sehr stark unter dem Durchschnitt.

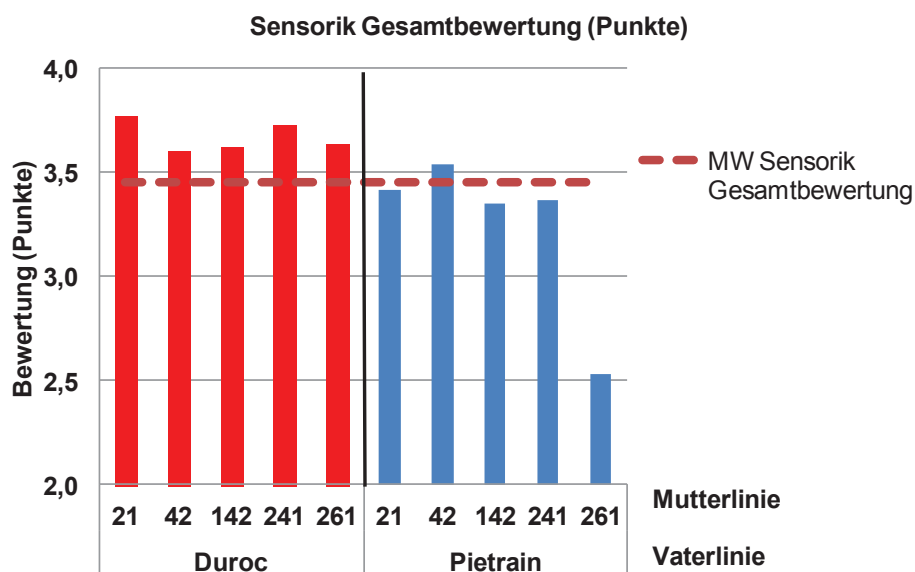


Abbildung 5.14: Gesamtbewertung im Sensoriktest (Punkte), Genotyp, Teilversuch 1

Bei Betrachtung der Beziehungen der Sensorik mit den weiteren erhobenen Parametern wird deutlich, dass die Zartheit mehrere Korrelationen zu den anderen Parametern zeigt. Die nachstehende Tabelle 5.68 zeigt die signifikanten Korrelationen zwischen den Parametern der Sensorik und den Parametern aus der Schlachtleistung, der Fleischqualität und der histochemischen Analyse.

Tabelle 5.68: Korrelationsanalyse für die Parameter der Sensorik, der Schlachtleistung, der Fleischqualität sowie der histochemischen Analyse, Teilversuch 1

Parameter		pH 1 Kotelett	pH vor Zerlegung Kotelett	LF vor Zerlegung Kotelett (mS/cm)	Muskel- fleisch- anteil (%)	Schlacht- gewicht (kg)	Anteil rote Fasern (%)
Aroma	r	0,095	0,111	-0,171	-0,200	0,007	-0,307
	p<	0,253	0,142	0,05	0,01	0,921	0,308
	n	147	176	166	184	184	13
Zartheit	r	-0,049	0,166	-0,054	-0,177	0,173	-0,615
	p<	0,555	0,05	0,487	0,05	0,05	0,05
	n	147	176	166	184	184	13
Saftigkeit	r	0,057	0,178	-0,042	-0,116	0,084	-0,628
	p<	0,489	0,05	0,593	0,116	0,258	0,05
	n	147	176	166	184	184	13
Aussehen	r	0,188	0,084	-0,152	-0,089	-0,091	0,309
	p<	0,05	0,269	0,051	0,229	0,221	0,304
	n	147	176	166	184	184	13
Gesamt	r	0,062	0,190	-0,110	-0,205	0,033	-0,622
	p<	0,457	0,05	0,157	0,01	0,659	0,05
	n	147	176	166	184	184	13

5.4.1 Zusammenfassung der sensorischen Analyse

Die sensorische Analyse zeigte, dass die Vaterlinie einen Einfluss auf die Bewertung der Koteletts hatte. Die Nachkommen der Duroc-Eber schnitten durchgängig besser ab, als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Die Mutterlinie sowie das Geschlecht hatten keinen statistisch gesicherten Einfluss auf die Parameter der Sensorik. Untereinander korrelieren die sensorischen Parameter sehr stark. Zudem zeigte sich eine inverse Beziehung zwischen Bemuskelung und der sensorischen Bewertung sowie negative Beziehungen zwischen sensorischen Kriterien und der Geschwindigkeit bzw. dem Ausmaß der postmortalen Glycolyse. Der Anteil der roten Muskelfasern war jedoch negativ mit sensorischen Kriterien korreliert.

6. DISKUSSION

6.1 Diskussion des Versuchsansatzes

Die Datenerhebung der vorliegenden Arbeit fand in drei verschiedenen Einrichtungen statt. Dazu wurden bei insgesamt 2203 Tieren aus 534 geborenen Würfen von der Geburt bis zu den Parametern der erzeugten Fleischqualität Daten erhoben.

Am Bildungs- und Wissenszentrum (LSZ) in Boxberg wurden die biologischen Daten der Fruchtbarkeit sowie des Wachstums erhoben. Dabei gestaltete sich die Datenerhebung aufgrund der vorhandenen Gegebenheiten nicht optimal. Die Sauen waren in vier verschiedenen Abferkelsystemen aufgestellt (Bewegungsbuchten, Gruppenabferkelung, Kastenstände sowie Freilauf), die sich per se hinsichtlich der Saugferkelverluste unterschieden. So entstanden beim freien Abferkeln höhere Saugferkelverluste, die auch durch die fehlende Geburtsüberwachung in der Nacht und den nur selten praktizierten Wurfausgleich verstärkt wurden. Die Versuchstiere wurden in vier verschiedenen Gruppengrößen aufgezogen und mit zwei unterschiedlichen Fütterungsarten (Brei oder flüssig Fütterung) gemästet. Leider konnte aufgrund technischer Schwierigkeiten die Futteraufnahme nicht erfasst werden, so dass eine Berechnung des Standardparametes Futterverwertung nicht möglich war.

Beim Vergleich der individuellen Geburtsgewichte der Ferkel aus allen Würfen im untersuchten Zeitraum mit dem der Versuchsferkel zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Somit wurden die Versuchstiere repräsentativ ausgesucht.

Bereits beim Absetzen wurden die Versuchstiere dem zukünftigen Schlachthof (Praxisbetrieb Schlachthof Ulm = Teilversuch 1; Schlachtleistungsprüfung LSZ Boxberg Schlachthof Forchheim = Teilversuch 2) zugeordnet. 1083 Tiere wurden im Teilversuch 1 mittels des dort etablierten Qualitätsmonitorings analysiert. Dabei konnten aus produktionstechnischen Gründen nicht von allen Tieren alle Werte erfasst werden. 240 Tiere wurden im Teilversuch 2 der Schlachtleistungsprüfung unterzogen. Die weiteren 880 Tiere wurden am Schlachthof in Crailsheim geschlachtet. Dort wurden keine weiteren Daten erhoben, sie sind in der Auswertung nicht berücksichtigt. Mit der Kombination der Datenerhebungen aus den beiden Teilversuchen können gesicherte Aussagen über die Fleisch- und Produktqualität getroffen und ein Rückschluss auf die Übertragung der Datenerhebung in einem großen Betrieb gezogen werden.

Mit diesen Praxisdaten aus Ferkelerzeugung und Mast wurden dann weitergehende Labor- und sensorische Parameter kombiniert, die in unterschiedlichen Speziallabors und mit einem Testpanel erhoben wurden.

Ein Vergleich der untersuchten Genotypen anhand eines derart breiten Spektrums an biologischen, chemischen, physikalischen, sensorischen und histologischen Parametern von der Geburt bis zur Beurteilung der Schlachtkörper wurde bisher nicht durchgeführt und findet sich auch nicht für andere Genotypen.

6.2 Auswertung der Leistungsparameter und Einfluss des Genotyps

Fruchtbarkeitskriterien und Geburtsgewicht

Die Vaterlinie hatte tendenziell wenig Einfluss auf die Merkmale der Fruchtbarkeit, die Würfe aus Duroc-Besamung waren tendenziell etwas größer und schwerer. Auch in anderen Untersuchungen, in denen als Vatterassen, u.a. auch Pietrain und Duroc untersucht wurden, konnten ähnliche Ergebnisse ermittelt werden. Die Zahl der lebend geborenen Ferkel war hier bei den Würfen aus Duroc-Besamung tendenziell um 0,1 Ferkel höher als aus anderen Genotypen. Für die Merkmale „individuelles Geburtsgewicht“ sowie „Geburtsgewichts des Wurfes“ wurden keine bzw. geringfügige Differenzen beschrieben (Eckert et al., 2001). In neueren Arbeiten von Matthes et al. (2008) und Edwards et al. (2006) zum Einfluss der Vatterasse zeigten sich ebenfalls keine großen Unterschiede in den Merkmalen der Fruchtbarkeit. Die Duroc-Nachkommen waren jedoch vitaler, was zu einer etwas geringeren Verlustrate führte. Ähnlich waren auch in der vorliegenden Untersuchung die Saugferkelverluste nach Duroc-Besamungen um 3,04% geringer.

Die Mutterlinie hatte signifikanten Einfluss auf das individuelle Geburtsgewicht, die Zahl der tot geborenen Ferkel und das individuelle Absetzgewicht der Ferkel. Da alle eingesetzten Sauen Kreuzungssauen waren, war prinzipiell eine gute Fruchtbarkeit zu erwarten, da durch den Heterosiseffekt vor allem Fruchtbarkeit, die Vitalität und Robustheit der Tiere erhöht wird (Reiner, 2006; Kuhlers et al., 2003). So kann erklärt werden, dass in der vorliegenden Untersuchung die Mutterlinie keinen Einfluss auf die Wurfgröße und die Zahl der lebend geborenen Ferkel hatte.

In der vorliegenden Auswertung stieg wie auch von Rootwelt et al. (2011) beschrieben die Zahl der tot geborenen Ferkel mit zunehmender Wurfgröße. Im Gegensatz dazu finden Pedersen et al. (2011) keinen Einfluss der Wurfgröße auf die Zahl der tot geborenen Ferkel. In dieser Arbeit wurde der Einfluss der Haltungsbedingungen der Muttersauen sowie weiterer Faktoren auf das Überleben der Ferkel untersucht. Das Geburtsgewicht, die Körpertemperatur 2 h nach der Geburt sowie der Geburtsverlauf sind wichtige Bestimmungsgrößen für die Überlebens-Chancen der Ferkel. Beim Geburtsverlauf waren die

Geburtsdauer sowie die Position in der Geburtsfolge wichtige Einflussgrößen, ebenso das Intervall zwischen zwei Ferkeln und das Geburtsgewicht der Ferkel (Canario et al., 2010).

Die Altsauen hatten signifikant 12% (1,49 Ferkel) mehr lebend geborene Ferkel und ein um 17% höheres Wurfgewicht. Dies stimmt mit den Unterschieden in anderen Untersuchungen und Praxisauswertungen überein (Mußlick et al., 2000: Altsauen: bis zu 1,5 mehr lebend geborene Ferkel; Praxisauswertung der baden-württembergischen Erzeugerringe 2010: Altsauen 0,5 mehr lebend geborene Ferkel). Die Saugferkelverluste waren bei den Jungsauen um 8,3% signifikant geringer als bei den Altsauen. Dies steht im Widerspruch zu den Praxisauswertungen der baden-württembergischen Erzeugerringe (2010), hier waren die Saugferkelverluste bei den Jungsauen um 0,2% höher als bei den Altsauen.

Die Ferkel der Mutterlinie 241 waren mit 1,73 kg bei der Geburt am schwersten und lagen 230 g über dem Geburtsgewicht der Ferkel der Linien 261. Das Geburtsgewicht korrelierte signifikant positiv mit dem Absetzgewicht, so dass die Nachkommen der Linie 241 auch das höchste Absetzgewicht aufwiesen. Dass ein höheres Geburtsgewicht mit niedrigeren Saugferkelverlusten einhergeht, wurde bereits in verschiedenen Studien nachgewiesen (Rootwelt et al., 2011; Canario et al., 2010; Milligan et al., 2002). In der vorliegenden Arbeit waren beide Kriterien signifikant negativ korreliert, zudem hatten die Mutterlinien 42 (23,3%) und 261 (23,0%) die höchsten Saugferkelverluste. Die Ferkel dieser Sauen wiesen auch die niedrigsten Geburtsgewichte (1,55 kg bzw. 1,63 kg Geburtsgewicht) auf. Zudem fanden sich hier mit einer Spanne von 0,78 kg bis 3,50 kg auch die größten Variationen des Geburtsgewichts.

Zusätzliche tragen das Fehlen von Geburtsüberwachung und systematischem Wurfausgleich sowie die vier verschiedenen Abferkelsysteme mit zu den hohen Saugferkelverlusten bei und sind Erklärung für die absolute Höhe im vorliegenden Versuch.

Wie in der Literatur gut dokumentiert, sank auch in der vorliegenden Untersuchung das Geburtsgewicht der Ferkel mit steigender Wurfgröße (Rootwelt et al., 2011, Beaulieu et al., 2010, Bergstrom et al., 2009).

Bei Auswertung der Mastleistungen nach Geburtsgewichtsklassen zeigte sich, dass Tiere mit geringem Geburtsgewicht eine längere Mastdauer haben. Die Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen von Gondret et al. (2006) überein. In der Studie wurden Nachkommen aus der Kreuzung Pietrain*(Large White*Landrasse) in eine Gruppe mit niedrigem ($1,05 \pm 0,04$ kg) und in eine Gruppe mit hohem ($1,89 \pm 0,02$ kg) Geburtsgewicht unterteilt. Die Tiere mit einem geringen Geburtsgewicht waren bei der Schlachtung bis zu 12 Tage älter, der Unterschied hoch signifikant. In einer Arbeit von Rehfeldt et al. (2006) zeigten die Tiere mit einem niedrigen Geburtsgewicht ein geringeres Muskelbildungsvermögen, höchsten Fettansatz und eine schlechte Fleischqualität (PSE-Neigung). In einer neueren Untersuchung der gleichen Arbeitsgruppe wurden geringere pH1-Werte und höhere Tropfsaftverluste bei den

Schlachtkörpern der Mastschweine mit niedrigen und mittleren Geburtsgewichten gefunden (Rehfeldt et al., 2008). Hier wurde ein einheitlicher Genotyp untersucht. Im Teilversuch 2 der vorliegenden Arbeit war bei den Tieren mit mittleren Geburtsgewichten (1,71-1,90 kg) der Tropfsaftverlust am niedrigsten, der pH1 im Kotelett lag bei 6,5. Es muss allerdings gesehen werden, dass die vorliegende Untersuchung nicht auf einheitlichem Genotyp basiert.

Eine Aussage über die Verteilung der Muskelfasern innerhalb der Geburtsgewichtsklassen ist aufgrund der sehr geringen Anzahl an untersuchten Tieren in den Geburtsgewichtsklassen 1 (n=4) und 3 (n=6) nicht sinnvoll. Der größte Teil der Tiere (n=121) lag im mittleren Bereich der Geburtsgewichte. Nach Bee et al. (2004) haben Tiere mit einem geringen Geburtsgewicht tendenziell weniger weiße und mehr intermediäre Muskelfasern.

Das Geschlecht hat einen signifikanten Einfluss auf das individuelle Geburtsgewicht der Versuchstiere, die männlichen Tiere sind um 4,3% schwerer als die weiblichen Tiere (Wittenburg et al., 2011). In dieser Studie wurden Landrasse- und Large White-Nachkommen hinsichtlich ihres Geburtsgewichtes ausgewertet.

Wachstumsparameter

Die Vaterlinie hat einen hoch signifikanten Einfluss auf die Wachstumsparameter. So nehmen die Duroc-Nachkommen signifikant besser zu und haben entsprechend eine kürzere Mastdauer (Zunahmen in der Säugezeit +8%, Aufzucht +3%, Mast +9%, bzw. Lebendtagzunahme +6%), als die Pietrain-Nachkommen. Dieses Ergebnis wird durch verschiedenen Studien bestätigt: Bei Matthes et al. (2008) und Edwards et al. (2006), nahmen die Duroc-Nachkommen in der Mast pro Tag um bis zu 100 g mehr zu und waren somit anderen Herkünften deutlich überlegen. Bei Eckert et al. (2001) nahmen die Duroc-Nachkommen in der Säugezeit täglich 7%, in der Mast 12% und bezogen auf den Lebendtag 10% mehr zu als die Pietrain-Nachkommen.

Die Mutterlinie hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die täglichen Zunahmen, wobei zunächst in der Säugezeit die Vatterrasse den höheren Einfluss zeigt. Der Einfluss der Mutterlinie manifestiert sich zunächst im individuellen Geburtsgewicht und wirkt sich anhaltend – wenn auch mit abnehmender Bedeutung – auf die täglichen Zunahmen in allen nachfolgenden Produktionsstufen aus. Ähnliche Ergebnisse beschreiben auch Rootwelt et al. (2011), Beaulieu et al. (2010) und Nissen et al. (2004). In der vorliegenden Arbeit korreliert das Geburtsgewicht allerdings signifikant negativ mit den täglichen Zunahmen in der Phase der Aufzucht. Dieser Effekt ist überwiegend auf die Nachkommen der Mutterlinien mit 142 die ihre geringen Geburtsgewichte mit einer starken Zunahme in der Aufzuchtphase kompensieren.

Die Nachkommen mit einem Leicoma-Anteil nehmen ab der Aufzucht signifikant um bis zu 8% besser zu, als die Nachkommen der Sauenlinien 261 und 21.

Die in der vorliegenden Untersuchung dargestellten Einflüsse des Geschlechts auf die Wachstumsparameter stimmen gut mit den Befunden früherer Arbeiten überein (Latorre et al., 2008; Mörlein, 2007; Ramirez et al., 2007; Rauw et al., 2003; Armero et al., 1999; Larzul et al., 1997a).

Auch wenn die Ferkel der Jungsauen tendenziell leichter waren, konnte kein Einfluss der Wurfnummer auf die Wachstumsmerkmale festgestellt werden. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von Ziron (2011). Hier wurde der Einfluss der Wurfnummer auf die Mast- und Schlachtleistung bei 42.000 Mastschweinen untersucht. Die Mastschweine, die von Jungsauen abstammten, hatten dabei signifikant niedrigere tägliche Zunahmen aber kein Unterschied im Muskelfleischanteil. Im Gegensatz dazu konnte im Teilversuch 1 des vorliegenden Versuches ein signifikanter Einfluss der Wurfnummer auf den Muskelfleischanteil festgestellt werden. Die Jungsauen-Nachkommen haben einen um 0,7% geringeren Muskelfleischanteil.

Schlacht- und Zerlegeleistung

Der Einfluss der Vaterlinie auf die Schlachtleistung zeigt sich wie erwartet hoch signifikant. Die Nachkommen aus der Pietrain-Besamung haben im Teilversuch 1 einen um 3,36% höheren Muskelfleischanteil (MFA) als die Duroc-Nachkommen, im Teilversuch 2 beträgt der Unterschied 2,36%. Diese Tendenz findet sich auch bei verschiedenen Autoren (Borchers et al., 2011; Matthes et al., 2008; Eckert et al., 2001; Oliver et al., 1993). Weißmann et al. (2010) untersuchten Nachkommen mit verschiedenen hohen Duroc-Anteilen und stellte fest, je höher der Duroc-Genanteil in den Mastendprodukten war, desto geringer war die Bemuskelung und damit auch die Ausschachtung. Dies bestätigen die vorliegenden Ergebnisse, da die Duroc-Nachkommen signifikant geringere Ausschachtung erreichten als die Pietrain-Nachkommen (TV1: -1,41%; TV2: -1,19%). Bei separater Auswertung von Pietrain- und Duroc-Nachkommen zeigt sich, dass die Beziehung zwischen Muskelfleischanteil und Ausschachtung bei den Pietrain-Nachkommen ($r=0,22^*$) enger ist, als bei den Duroc-Nachkommen ($r=0,18^*$).

Die Mutterlinie hat einen großen Einfluss auf den Muskelfleischanteil. Die Nachkommen der Mutterlinien 241 unterscheiden sich mit einem MFA von 58,24% signifikant von den Nachkommen der anderen Mutterlinien. Die Nachkommen der Mutterlinie 42 haben mit 56,53% den geringsten Muskelfleischanteil. Bei den LPA-Ergebnissen der Nachkommenprüfung 2009 wiesen die Reinzuchttiere der Rassen Leicoma, Large White und Schwäbisch-Hällisch einen maximalen Muskelfleischanteil von 53,9% (nur Kastraten) auf, die Reinzuchttiere der Deutschen Landrasse kommen auf Werte bis zu 54,9% (Kastraten) bzw. 57,1% (weibliche).

Das Geschlecht beeinflusste in der vorliegenden Studie die Schlachtleistung signifikant, die weiblichen Tiere hatten – wie in der Literatur beschrieben – eine höhere Ausschachtung und

einen größeren Muskelfleischanteil (Ramirez et al., 2007; Mörlein et al., 2007; Armero et al., 1999; Larzul et al., 1997a).

Im Teilversuch 2 wurden die Tiere einer Detailanalyse unterzogen. Die Beziehungen der erhobenen Merkmale untereinander waren dabei insgesamt sehr zahlreich und eng. Der Anteil der wertvollen Teilstücke korreliert hoch signifikant positiv mit dem Muskelfleischanteil sowie mit dem Anteil des Schinkens und des Koteletts. Dies bestätigt sich dadurch, dass die Pietrain-Nachkommen, die einen hohen Muskelfleischanteil haben, einen signifikant höheren Anteil an wertvollen Teilstücken, an Schinken, Bug und Kamm/Kotelett-Anteil aufweisen. Dies steht in völliger Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Armero et al. (1999). Ebenso findet sich eine positive Korrelation ($r=0,39$, $n=240$, $p<0,001$) zwischen Rückenspeckanteil und intramuskulärem Fettgehalt, was mit Armero et al. (1999) ($r=0,25$, $n=150$, $p<0,001$) und Hovenier et al. (1992) ($r=0,30$, $p<0,001$) übereinstimmt, bei Lo et al. (1992) findet sich sogar ein noch engerer Zusammenhang ($r=0,84$, $p<0,001$).

Der Einfluss der Vaterlinie ist bei mehreren Merkmalen, wie dem Anteil an wertvollen Teilstücken, dem Fleisch-/Fettverhältnis oder dem Schinkenanteil hoch signifikant. Wie ähnlich in anderen Studien (Gispert et al., 2007) beschrieben, war der Schinkenanteil bei den Pietrain-Nachkommen um 1,4% höher als bei den Duroc-Nachkommen.

Bei den Merkmalen, die im Zusammenhang mit dem Fettanteil des Schlachtkörpers stehen, weisen Pietrain-Nachkommen immer günstigere Werte auf als Duroc-Nachkommen. Die Rückenspeckdicke war in dieser Untersuchung bei den Nachkommen der Duroc-Eber signifikant um 0,30 cm größer, was in der Größenordnung mit den Ergebnissen aus dem Nachkommentest der LPA 2009 übereinstimmt, dort betrug der Unterschied zwischen den Duroc-Reinzuchttieren und den reinrassigen Pietrain 0,35 cm. Die korrigierte Fettfläche ist bei den Duroc-Nachkommen um 2,11 cm² größer, als bei den Pietrain-Nachkommen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Eckert et al. (2001), hier liegen 1,6 cm² Unterschied zwischen Duroc- und Pietrain-Nachkommen. Das Fleisch-/Fettverhältnis ist bei den Duroc-Nachkommen hoch signifikant um 1:0,07 höher als bei den Pietrain-Nachkommen, dies bestätigen Eckert et al. (2001) sowie die Ergebnisse der Nachkommenprüfung der LPA (2009). In einer Studie von Weißmann (2011) stieg das Flomengewicht mit steigendem Duroc-Anteil hoch signifikant ansteigt. Auch in der vorliegenden Arbeit war das Flomengewicht bei den Duroc-Nachkommen um 0,8 kg schwerer. Die Nachkommen der Duroc-Eber hatten einen um 0,30 cm längeren Schlachtkörper, wie ähnlich auch von Gispert et al. (2007) und Eckert et al. (2001) beschrieben. Ähnliche Daten resultierten aus der LPA-Nachkommenprüfung (2009), in der die Duroc-Reinzuchttiere einen um 2,0 cm längeren Schlachtkörper aufwiesen als reinrassige Pietrain.

Die Mutterlinie hatte – wie in der Studie von Gispert et al. (2007) – lediglich einen hoch signifikanten Einfluss auf die Schlachtkörperlänge. Dort wiesen Landrasse- und Large White-

Nachkommen einen signifikant längeren Schlachtkörper als Duroc- und Pietrain-Nachkommen auf. Die korrigierte Fettfläche wurde von den Mutterlinien signifikant beeinflusst. Die korrigierte Fettfläche war bei den Nachkommen der Zweirassenkreuzungssauen signifikant höher, als bei den Nachkommen der Dreirassenkreuzungssauen.

Das Geschlecht hat einen Einfluss auf die Teilstück- und Fettbildung. Die weiblichen Tiere haben einen signifikant höheren Schinkenanteil (+ 0,56%), mehr Bug (+ 0,22%) und durch die oben beschriebenen Zusammenhänge damit auch einen höheren Anteil an wertvollen Teilstücken (+ 1,46%). Bei der Fettbildung sind die weiblichen Tiere begünstigt.

Das Fleisch-/Fettverhältnis ist signifikant um 1:0,05 geringer, die korrigierte Fettfläche ist hoch signifikant um 2,12 cm² geringer als bei den Kastraten. Die Rückenspeckdicke ist signifikant um 0,24 cm niedriger. Diese Ergebnisse bestätigen verschiedene Studien (Latorre et al., 2008; Edwards et al.; 2006; Larzul et al., 1997a). Bei Ramirez et al. (2007) und Rauw et al. (2003) waren Schinkengewicht bzw. Schinkenanteil bei den Kastraten signifikant um 0,5 kg bzw. 0,1 % höher als bei weiblichen Tieren was zu den vorliegenden Ergebnissen im Widerspruch steht. Allerdings wurden bei Ramirez et al. (2007) lediglich 30 Tiere aus einer Duroc-Iberico-Kreuzung untersucht.

6.3 Auswertung der Parameter der Fleischqualität

Der Einfluss der Vaterlinie auf die Fleischqualität ist war wie erwartet sehr hoch. Bei der Analyse der pH-Werte zeigt sich, dass die Pietrain-Nachkommen teilweise signifikant geringere Werte aufweisen, als die Nachkommen der Duroc-Eber. Dabei liegen die Werte im gewünschten Bereich, was sich durch den Einsatz der stressresistenten Mutterlinien erklären lässt (Fischer et al., 2000). Zu gleichen Ergebnissen kam Armero et al. (1999). Hier wurde der Effekt der Vaterlinie auf die Fleischqualität untersucht, die Duroc-Nachkommen hatten hier im Vergleich mit anderen Vatterassen die höchsten pH-Werte. Bei Matthes et al. (2008) waren keine Unterschiede zu finden. Im Gegensatz dazu hatten Duroc-Nachkommen in der Studie von Josell et al. (2003) im Vergleich zu schwedischer Landrasse, Hampshire und Yorkshire-Kreuzungstieren niedrigere pH1-Werte. Die Leitfähigkeitswerte waren wie in verschiedenen anderen Studien in der vorliegenden Studie bei den Duroc-Nachkommen signifikant niedriger (Weißmann et al., 2010; Rauw et al., 2003; Fischer et al., 2000). Auch der Tropfsaftverlust im Kotelett war bei Duroc-Nachkommen in beiden Teilversuchen signifikant geringerer als bei den Pietrain-Nachkommen, wie auch in andern Untersuchungen (Weißmann et al., 2010; Müller et al., 2009; Mörlein et al., 2007; Fischer et al., 2000). Die statistische Auswertung der Scherwert- und Farbmessungen im Teilversuch 1 zeigen keinen Einfluss der Vaterlinie. Dies steht im Gegensatz zu den Befunden von Müller et al. (2009), dort hatten Duroc-Nachkommen eine hoch signifikant dunklere Fleischfarbe. Im vorliegenden

Versuch finden sich lediglich Korrelationen zwischen dem pH vor Zerlegung im Kotelett und den Scherwertmessungen in der Oberschale, sowie zwischen dem pH vor Zerlegung im Schinken und den Scherwertbestimmungen im Kotelett sowie in der Oberschale. Ähnliche Beziehungen beschreiben mit Berard et al. (2008) und Gondret et al. (2006) sowie Fernandez et al. (1992).

Der im Teilversuch 2 bestimmte intramuskuläre Fettgehalt ist wie aufgrund der Literaturangaben erwartet bei den Duroc Nachkommen um 0,33% höher als bei den Pietrain-Nachkommen (Bonneau et al., 2010; Weißmann et al., 2010; Müller et al., 2009; Matthes et al., 2008; Mörlein et al., 2007; Cagnazzo et al., 2006; Laube, 2000; Fischer et al., 2000). Es war ursprünglich vorgesehen im Teilversuch 1 ebenfalls den IMF-Gehalt zu bestimmen. Bei Verifizierung der Ergebnisse durch eine unabhängige Einrichtung stellte sich allerdings heraus, dass das im Teilversuch 1 verwendete Gerät ungenaue Werte ermittelt hatte. Als Ursache für die Ermittlung der ungenauen Werte des IMF sind grundsätzliche technische Probleme bei der Feinheit der Kalibrierung des Analysegerätes zu nennen. Somit mussten die Ergebnisse für diese Arbeit verworfen werden und es ist nicht möglich, die histochemisch ermittelten Parameter (Adipozytenfläche im Gewebestück, Zusammensetzung der Muskelfasern) sowie die Ergebnisse der sensorischen Bewertung mit dem intramuskulären Fettgehalt in Beziehung zu setzen.

Bei den histochemischen Parametern findet sich lediglich ein signifikanter Einfluss der Vaterlinie auf den Anteil der roten Muskelfasern, die Duroc-Nachkommen haben 7,22% mehr rote Muskelfasern als die Pietrain-Nachkommen. Ähnlich beschreibt Cagnazzo et al. (2006) bei seinem Vergleich von reinrassigen Duroc- und Pietrain-Schweinen bereits Unterschiede in der pränatalen Muskelfaserzusammensetzung. Duroc-Schweine hatten in dieser Studie mehr rote Muskelfasern mit mehr intramuskulärem Fett während bei Pietrain-Schweinen mehr schnell-wachsende weiße Muskelfasern vorlagen. Die weiteren Fasertypen unterscheiden sich in der vorliegenden Arbeit nicht signifikant. Der größere Anteil an weißen Fasern geht allerdings mit der Tendenz zu höherem Tropfsaftverlust einher. Die Pietrain-Nachkommen haben mehr Tropfsaftverlust im Kotelett und tendenziell mehr weiße Fasern. Grundsätzliche Schlüsse auf die Fleischqualität lassen sich allerdings an diesem Detail nicht ableiten, da der Zusammenhang zwischen Fleischqualität und Muskelfaserzusammensetzung nicht endgültig geklärt ist (Lefaucheur, 2010; Gentry et al., 2002b; Larzul et al., 1997a). Die Größe des Faserquerschnitts wird durch die Vaterlinie signifikant beeinflusst, die Duroc-Nachkommen haben um 1,21 μm kleinere Faserflächen, als die Pietrain-Nachkommen. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Wendt et al. (2000) und Kalbe et al. (2005) überein. Große Faserquerschnittsflächen und ein geringer Kapillarisierungsgrad bedingen eine ungünstige Versorgung des Gewebes mit Sauerstoff, so

dass glykolytische Fasern dominieren. Dies wird als eine endogene Ursache für die PSE Disposition besonders bei der Rasse Pietrain verantwortlich gemacht.

In der sensorischen Bewertung erzielt Fleisch von Duroc-Nachkommen eine bessere Bewertung als das der Pietrain-Nachkommen. Der Einfluss der Vaterlinie auf das Aroma ist hoch signifikant, der Einfluss auf Aussehen, Zartheit und Saftigkeit schwach signifikant. Wie oben beschrieben, haben die Duroc-Nachkommen einen signifikant höheren IMF-Gehalt. Diese Beobachtung unterstützt die Ergebnisse von Bonneau et al. (2010) und Mörlein et al. (2007) die berichten, dass bei höherem IMF-Gehalt die Bewertung im Verbrauchertest höher ausfällt. Die bessere sensorische Bewertung der Duroc-Nachkommen bestätigen auch Studien von Mörlein et al. (2007) und Fischer et al. (2000). Die Bewertung des Aromas war signifikant negativ zum Muskelfleischanteil korreliert, so dass das Fleisch aus weniger stark bemuskelten Schlachtkörpern eine bessere sensorische Bewertung erfuhr. Allerdings zeigten sich auch schwach signifikant negative Beziehungen zum Anteil der roten Muskelfasern zur Saftigkeit. Taylor (2004) beschreibt hingegen, dass bei Schweinen nur wenige Zusammenhänge zwischen den sensorischen Merkmalen und der Muskelfaserzusammensetzung zu finden sind.

Der Einfluss der Mutterlinie auf die Fleischqualität ist weniger deutlich als der Einfluss der Vaterlinie. Die verwendeten Rassen gelten als stressstabil und waren alle NN im MHS-Status. Bei der sensorischen Bewertung konnte kein Einfluss der Mutterlinie festgestellt werden.

Der Einfluss des Geschlechts auf die Fleischqualität war ebenso gering. Mörlein et al. (2007), Laube et al. (2000) und Larzul et al. (1997b) fanden einen hoch signifikanten Einfluss auf den IMF-Gehalt, was in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden konnte. Laube et al. (2000) fanden einen signifikanten Einfluss des Geschlechts auf die postmortale Glykolyse, was hier ebenfalls nicht erkennbar war. Auch bei den histochemischen Untersuchungen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dies steht in guter Übereinstimmung mit den Befunden von Larzul et al. (1997a), die ebenfalls keinen Einfluss des Geschlechts auf die Muskelfaserzusammensetzung finden konnten.

Als Hilfskriterien für die Bestimmung des PSE-Vorkommens dienen der pH-1 und Leitfähigkeitswert (Honikel et al., 2007; Fischer et al., 2000). Der Anteil der Tiere mit PSE-Verdacht aufgrund eines pH1-Wertes unter 5,8 ist im Teilversuch 2 (n=33) deutlich höher als im Teilversuch 1 (n=2). Die Prozesstechnik hat einen entscheidenden Einfluss auf die Beherrschung des PSE-Risikos der Tiere. Dieser Zusammenhang wurde bereits 1981 bei Nielsen beschrieben, der den Einfluss des Handlings der Tiere vor der Schlachtung auf die PSE-Häufigkeit beschreibt. Im Teilversuch 2 war der Wartebereich für die Tiere vor der Schlachtung nur bedingt optimiert, zudem wurden die Tiere mit einer Elektrozange betäubt. Ebenso war auch das Kühlverfahren im Teilversuch 2 nicht ausreichend. Im Teilversuch 1

waren hingegen die Aufstellungsmöglichkeiten sowie die Schlachttechnik so optimiert, dass die Tiere weitgehend stressfrei der Schlachtung zugeführt werden können. Somit ist das Risiko der Bildung von PSE-Fleisch geringer. Unter diesen suboptimalen Bedingungen des Teilversuchs 2 zeigt sich die größere Stabilität in der Fleischqualität in der Rasse Duroc. Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde anderer Studien (Mörlein et al., 2007; Rauw et al., 2003; Laube et al., 2000). Eine weitere Ursache für eine PSE-Disposition ist der MHS-Status der eingesetzten Eber. In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass NN-Tiere einen geringeren Anteil an Schlachtkörpern mit PSE-Verdacht aufweisen, als NP- oder PP-Tiere (Laube et al., 2000; Oliver et al., 1993).

In der vorliegenden Studie war jedoch kein Tier mit PP-Status des Vaters nach pH- und Leitfähigkeitsmessung mit PSE-Verdacht zu finden. Hierdurch wird die These untermauert, dass die Prozesstechnik für die Vermeidung von PSE einen größeren Anteil hat, als der Genotyp. Die für die vorliegende Arbeit gewählten Genotypen weisen insgesamt eine stabile Fleischqualität auf, denn die Ergebnisse der Fleischqualität liegen zumindest in Teilversuch 1 mit geringer Streuung im optimalen Bereich.

6.4 Genotypen mit hohem Genusswert und geringem Tropfsaftverlust

Zur Beantwortung der Fragestellung, welche Genotypen einen hohen Genusswert und dabei einen geringen Tropfsaftverlust aufzeigen, werden die Parameter Tropfsaftverlust 48 h p.m. Bag-Methode und der IMF-Gehalt aus Teilversuch 2 herangezogen, da hier die exakten Messverfahren zur Anwendung kamen. Weiterhin wurde der Tropfsaftverlust 3 Tage p.m. in der SB-Schale und der sensorische Gesamtwert im Teilstück Kotelett im Teilversuch 1 mit einbezogen, weil die Relevanz für die Praxis und die sensorische Bewertung nicht fehlen darf.

Die Betrachtung der Tropfsaftverluste in beiden Teilversuchen ergab, dass die Kombination Duroc*241 in beiden Fällen sehr niedrige Tropfsaftverluste aufwies. Allerdings haben die Nachkommen aus der Kreuzung Duroc*42 insgesamt die besten Werte, diese lassen sich aber aufgrund der geringen Anzahl an Versuchstieren nur schwach statistisch absichern. Im Teilversuch 2 können die Nachkommen der Pietrain*241 mit den Nachkommen aus der Duroc-Anpaarung mithalten, sie liegen mit 2,5% im Mittel der Ergebnisse aus der Duroc-Anpaarung. Bei Betrachtung des sensorischen Gesamtwertes liegen die Duroc-Nachkommen eindeutig vor den Pietrain-Nachkommen. Die Nachkommen aus der Kreuzung Duroc*241 liegen an zweiter Stelle direkt nach den Nachkommen aus der Kreuzung Duroc*21. Insgesamt werden die Nachkommen der Mutterlinie 241 in der Bewertung des Aussehens und des Aromas jeweils am höchsten bewertet. Die Nachkommen aus der Anpaarung mit Pietrain werden dabei signifikant geringer bewertet. Die Nachkommen der Kreuzungen Pietrain*21, Pietrain*42 und Pietrain*241 können dabei aber an das Niveau der

Bewertung der Duroc-Nachkommen heranreichen. Dabei ist die geringe Anzahl insbesondere bei Pietrain*21 und Pietrain*42 zu beachten. Der IMF-Gehalt gilt als Indikator für die sensorischen Fleischqualitätsmerkmale (Bonneau et al., 2010; Ramirez et al., 2007; Mörlein et al., 2007; Fischer et al., 2000). Die Auswertung des IMF-Gehaltes im Teilversuch 2 zeigte deutlich, dass die Nachkommen aus der Duroc-Besamung einen überdurchschnittlichen IMF-Gehalt aufweisen. Die Nachkommen aus Pietrain-Besamung hatten dabei IMF-Gehalte, die deutlich unter den Werten der Nachkommen aus Duroc-Besamung liegen. Lediglich die Anpaarung der Pietrain-Eber an die Mutterlinien 42 und 241 kann IMF-Gehalte, die an das Niveau der Duroc-Nachkommen herankommen, erreichen.

Die Auswertung hinsichtlich des Tropfsaftverlustes, der sensorischen Merkmale sowie des IMF-Gehalts ergab somit, dass der Duroc-Eber einen positiven Einfluss auf den Genusswert hat. Dieses bestätigen verschiedene Autoren (Mörlein et al., 2007; Ramirez et al., 2007; Fischer et al., 2000). Der Einfluss der Mutterlinie auf diese Merkmale ist nicht signifikant abzusichern, lediglich beim Einfluss auf die sensorischen Merkmale findet sich ein hoch signifikanter Einfluss.

Unter dem Gesichtspunkt der Fleischproduktion hat der Pietrain-Eber wirtschaftliche Vorteile aufgrund seiner höheren Ausschachtung und Muskelfleischanteils. Bei einer passenden Anpaarung an eine Mutterlinie, die einen hohen Genusswert erzeugt und auch in der Fruchtbarkeit und Mastleistung gut abschneidet, stehen diese Nachkommen ebenfalls in einer hohen Bewertung. Eine gute Fleischqualität ergaben insgesamt die Nachkommen aus der Anpaarung Pietrain*241. Die Nachkommen mit einem Anteil an Schwäbisch-Hällischen Genen besitzen eine Möglichkeit für eine regionale Markenbildung. Sie sind allerdings nicht überzeugend, da sowohl in der Fruchtbarkeit, in der Mast und in der Fleischqualität eher unterdurchschnittliche Werte erreicht wurden. Eine optimale Fleischqualität ist jedoch mit den anderen Genotypen effizienter.

7. SCHLUSSFOLGERUNG

Für die Erzeugung von Schweinefleisch mit einem hohen Genusswert eignet sich die Einkreuzung von Duroc-Ebern gut (Weißmann et al., 2010; Fischer et al., 2005; Fischer et al., 2000). Dies bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit. Allerdings entsprechen die Kriterien für die Fleischqualität nicht den Kriterien für die Vergütung für die landwirtschaftlichen Produzenten. Die Vergütung berücksichtigt bisher nur die Faktoren Muskelfleischanteil und Schlachtgewicht. Die derzeitige Vergütung begünstigt die Nachkommen der Pietrain-Eber deutlich. Wirtschaftliche Anreize in der Preisgestaltung der Schweineschlachtkörper unter Berücksichtigung weiterer Merkmale, die einen hohen Genusswert repräsentieren, würden die Erzeugung einer besseren Fleischqualität fördern. In der vorliegenden Arbeit konnte dargestellt werden, dass mit Hilfe der Messung der Leitfähigkeit vor Zerlegung die voraussichtlichen Tropfsaftverluste mit einer gewissen Streuung bestimmt werden können. Dies würde zwar einen zusätzlichen Aufwand im Wareneingang der Zerlegung bedeuten, kann aber für die Verbesserung der Fleischqualität hilfreich sein. Bei der Aufnahme des Leitfähigkeitswerts vor der Zerlegung ergibt sich die Möglichkeit die Fleischqualität für die weiteren Vermarktungswege optimal zu steuern.

Die Gesamtanlageneffektivität wird entscheidend durch die Schlachtbandgeschwindigkeit bestimmt, dem wichtigsten Produktivitätsfaktor. Jede Erfassung von zusätzlichen Qualitätsmerkmalen während der Produktion am Schlachtband muss sich dieser Bedingung unterwerfen. Die derzeitigen Messmethoden sind somit nur bedingt geeignet eine vollständige Erfassung von weiteren Qualitätsmerkmalen in dieser Phase der Produktion vorzunehmen. Die Abgrenzung der Qualitätskriterien und die Ermittlung von Grenzwerten erfordert somit eine weitere statistische Absicherung. Daher werden weitere Untersuchungen vorgeschlagen, die sich auf die Parameter pH1 und pH vor Zerlegung, Leitfähigkeit vor Zerlegung, Tropfsaftverlust sowie sensorische Bewertung nach Lagerung und Zubereitung konzentrieren.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Umwelteinflüsse auf die Ergebnisse der Fleischqualität der Genotypen deutlich. In beiden Teilversuchen wurde mit nicht ganz optimaler Schlacht- und Kühltechnik gearbeitet, was im PSE-Aufkommen deutlich wird. Dabei waren die Bedingungen im Teilversuch 1 allerdings wesentlich besser, was sich in den guten Ergebnissen der Fleischqualitätsmessungen niederschlägt. Im Teilversuch 2 zeigte sich ein deutlicher höherer Anteil an PSE-Verdacht, was auf die suboptimalen Bedingungen zurückzuführen ist.

Es konnte gezeigt werden, dass die Genetik wesentlich die Qualität des produzierten Fleisches mitbestimmt. Daher ist für Qualitätsfleischprogramme die Vorgabe einer Genetik, die vorher in den Landesanstalten mittels der Schlachtleistungsprüfung auf ihre Fleischqualität analysiert worden ist, sinnvoll. Durch eine optimierte Schlacht- und Kühltechnik können die Ergebnisse der Genotypen weiter verbessert werden.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Fleischqualität der untersuchten Genotypen insgesamt bereits auf einem hohen Niveau liegt. Mit einer entsprechenden Preisgestaltung für die landwirtschaftliche Erzeugung können Anreize für eine weitere Steigerung der Fleischqualität geschaffen werden. Voraussetzung ist dabei die klare Definition und Abgrenzung messbarer Kriterien in der Preisgestaltung.

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, welche Genotypen (Kreuzungen) basierend auf den genetischen Linien von German Genetic/SZV sowohl einen hohen Schlachtkörperwert als auch eine gute Fleischqualität mit einem hohen Genusswert garantieren. Gleichzeitig wurde überprüft, in welcher Beziehung die Kriterien der Fruchtbarkeits-, Mast- und Schlachtleistung zu den Kriterien der Fleischqualität stehen. Zusätzlich wurden Parameter und ihre Grenzwerte ermittelt, die geeignet sind eine sichere Vorhersage der Fleischqualität und des Genusswertes zu ermöglichen.

Für die Untersuchung standen zehn verschiedene Genotypen zur Verfügung. Die Mutterlinien repräsentierten typische in Baden-Württemberg eingesetzte Kreuzungssauen sowie spezielle Kreuzungen für diesen Versuch (Leicoma-, Schwäbisch Hällische Kreuzungen). Die Genotypen umfassten 2-Rassen-Kreuzungen (LW*DL und LC*LW) und die 3-Rassen-Kreuzungen LW*(LC*DL), LW*(SH*DL) und DL*(LC*LW). Diese Sauenlinien wurden mit Pietrain- und Duroc-Ebern angepaart. Für die resultierenden Genotypen wurden erstmals umfassende Daten zum Wachstumsvermögen und Schlachtkörperwert sowie zur Fleischqualität erhoben.

Für die vorliegende Arbeit wurden am Bildungs- und Wissenszentrum in Boxberg die Daten von insgesamt 2203 Tieren von März 2008 bis November 2009 erfasst. Dabei wurden die Fruchtbarkeitsdaten, die Gewichtsentwicklung (Säuge-, Aufzucht- und Mastzeit) sowie die Verluste auf allen Produktionsstufen ermittelt. Die Schlachtung und die weitere Datenerhebung erfolgten an zwei Schlachtstätten. 1083 Tiere gingen zur Schlachtung an den Schlachthof in Ulm (Teilversuch 1), 240 Tiere an den Versuchsschlachthof in Forchheim (Teilversuch 2). 880 Tiere wurden über den Schlachthof in Crailsheim vermarktet und standen für die Erfassung der Daten der Fleischqualität nicht zur Verfügung. Im Teilversuch 1 wurden alle Tiere hinsichtlich des Schlachtkörperwerts mittels FOM-Messung bewertet und die am Schlachthof üblichen Parameter der Fleischqualität erfasst. Von 130 Tieren wurden Proben des M. spinalis für die histochemische Muskelfasertypisierung entnommen. An den 240 Tieren im zweiten Teilversuch wurde, neben der Erfassung des Schlachtkörperwerts mit FOM-Messung, eine Vollzerlegung der Schlachtkörper durchgeführt und bei Bestimmung der Fleischqualität die Farbe am Kotelettanschnitt und der intramuskuläre Fettgehalt erfasst. An einem Teil der Schlachtkörper im Teilversuch 1 (n=184) wurde die weitere Behandlung bis hin zur Ladentheke (SB-Frischfleischschale) simuliert sowie eine sensorische Prüfung aus

der Sicht des Endverbrauchers durchgeführt. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS durchgeführt.

Die Sauen aus der Dreirassenkreuzung LW*(LC*DL) hatten mit 13,4 lebend geborenen Ferkeln pro Wurf (Mittelwert: 12,6 Ferkel/Wurf) und gleichzeitig den höchsten Geburtsgewichten (1,73 kg/Ferkel, Mittelwert: 1,69 kg) die beste Fruchtbarkeit. Die geringste Zahl an lebend geborenen Ferkeln (12,3 Ferkel/Wurf) fand sich bei den Sauen aus der Kreuzung DL*(LC*LW), während die leichtesten Ferkel mit 1,50 kg aus den Würfen der Kreuzung LW*(SH*DL) stammten.

Die Vaterlinie hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf die täglichen Zunahmen in allen weiteren Produktionsabschnitten. Die Duroc-Nachkommen nahmen während der Säugezeit um 8,0% und in der Aufzuchtphase um 3,8% mehr zu als die Nachkommen der Pietrain-Eber. Bei den täglichen Zunahmen in der Mast waren die Duroc-Nachkommen um 9% besser und hatten dadurch ein geringeres Schlachalter.

Die Nachkommen der Mutterlinie LW*(LC*DL) hatten die höchsten täglichen Zunahmen in der Säugezeit und damit signifikant höhere Absetzgewichte (+6%, $p<0,05$) als die Nachkommen der Kreuzung LW*(SH*DL), die insgesamt die geringsten Absetzgewichte erreichten. Die um 11,4% geringeren täglichen Zunahmen in der Säugezeit hatten die Nachkommen aus der Mutterlinie LC*LW ($p<0,01$). In den täglichen Zunahmen in der Aufzucht zeigten diese Nachkommen im Vergleich zum Durchschnitt allerdings eine um 4,4% signifikant höhere tägliche Zunahme ($p<0,001$). Ebenso hatten sie um bis zu 7% bessere tägliche Zunahmen in der Mast als die Nachkommen aus der Mutterlinie LW*(SH*DL), die die geringsten täglichen Zunahmen in der Mast zeigten ($p<0,001$). Bei Analyse der Beziehungen zwischen der Gewichtsentwicklung in den verschiedenen Produktionsabschnitten und dem Geburtsgewicht wurde deutlich, dass das Geburtsgewicht einen signifikant positiven Einfluss auf die Leistung in jedem dieser Produktionsabschnitte, außer der Aufzucht, hatte. Allerdings zeigten Tiere mit einem hohen Geburtsgewicht in der Aufzuchtphase reduzierte tägliche Zunahmen, während Ferkel mit niedrigen Geburtsgewichten den Wachstumsrückstand partiell kompensierten.

In der Schlachtleistung hatten die Pietrain-Nachkommen an beiden Schlachthöfen um bis zu 3,46% mehr Muskelfleischanteil als die Duroc-Nachkommen. Der Muskelfleischanteil zeigte signifikant negative Zusammenhänge zu den täglichen Zunahmen in der Mast ($r=-0,36$; jeweils $n=1083$, $p<0,001$) sowie zu den Lebendtagzunahmen ($r=-0,31$). Im Teilversuch 1 hatten die Mastendprodukte aus der Mutterlinie LW*(LC*DL) mit 58,24% den höchsten Muskelfleischanteil ($p<0,001$), die Nachkommen aus der Zwei-Rassen-Kreuzung LC*LW erreichten mit 56,54% den geringsten Muskelfleischanteil, während Auswertungen auf Einflüsse des maternalen Genotyps aufgrund der geringen Tierzahl im Teilversuch 2 nicht aussagefähig waren.

In der Detailanalyse im Teilversuch 2 zeigte sich die Auswirkung der Vater- und Mutterlinie auf die Ausprägung der verschiedenen Teilstücke des Schlachtkörpers. Der Schinkenanteil und der Anteil der wertvollen Teilstücke war bei Pietrain-Nachkommen um 3,3% bzw. 4,0% größer. Die Duroc-Nachkommen hatten weniger Muskelfleischanteil im Bauch (-4,2%, Gruber Formel), mehr Rückenspeck (+13,7%), mehr Flomen (+14,6%) und eine um 12,5% größere korrigierte Fettfläche als die Pietrain-Nachkommen. Die Nachkommen der Mutterlinie (LC**LW*) hatten mit 98,2 cm einen signifikant ($p < 0,001$) kürzeren Schlachtkörper (-2,3%), als die Nachkommen der anderen Mutterlinien, der Mittelwert lag bei 100,4 cm. Die Nachkommen aus der Mutterlinie mit 50%-Leicoma-Genanteil wiesen die größte korrigierte Fettfläche mit 20,07 cm² auf und lagen damit signifikant ($p < 0,01$) höher als die Nachkommen der anderen Genotypen, hier lag der Mittelwert bei 17,93 cm². Die Nachkommen aus der Mutterlinie *LW**(*LC***DL*) hatten eine um 17,1% geringere korrigierte Fettfläche.

Die Analyse der Korrelationen ergab signifikante Beziehungen sowohl zwischen den Parametern der Bemuskelung (Muskelfleischanteil, Schinkenanteil, etc.) als auch innerhalb der Parameter, die die Fettbildung charakterisieren (Rückenspeck, Flomenanteil, etc.). Neu und für die Praxis interessant war dabei die enge Beziehung zwischen Muskelfleischanteil (FOM) und dem Fleischanteil im Teilstück Bauch ($r = 0,92$; $n = 240$; $p < 0,001$).

Die Fleischqualität der Mastschweine mit Duroc-Anteil war besser als die der Pietrain-Nachkommen. Die Pietrain-Nachkommen hatten 3 Tage p.m. 3,71% Tropfsaftverlust beim Teilstück Kotelett, die Duroc-Nachkommen hingegen nur 1,82% ($p < 0,001$). Gleichsinnige Unterschiede ergaben sich auch im Teilversuch 2 für den Tropfsaftverlust 48h p.m. im Kotelett (Pietrain-Nachkommen: 2,94% Tropfsaftverlust, Duroc-Nachkommen 2,42% Tropfsaftverlust, $p < 0,05$). Die Messungen an den Schlachtkörpern zur Charakterisierung der postmortalen Fleischreifung unter Praxisbedingungen (Teilversuch 1) ergaben in fast allen Parametern tendenziell bessere Werte für die Mastschweine mit Duroc-Anteil. Ebenso waren die Leitfähigkeitswerte vor der Zerlegung (ca. 24h p.m.) im Kotelett von Pietrain-Nachkommen mit 2,34 mS/cm signifikant höher ($p < 0,001$) als bei den Duroc-Nachkommen (1,36 mS/cm). Der intramuskuläre Fettgehalt lag bei den Pietrain-Nachkommen signifikant höher ($p < 0,001$) bei 1,52 %, während Duroc-Nachkommen mit 1,85 % ca. 20 % höhere Werte erreichten. Der Einfluss der Mutterlinien auf die Parameter der Fleischqualität war gering und meist nicht signifikant.

Der Anteil an Schlachtkörper mit der Fehlreifung PSE ($pH_1 < 5,8$; LF_{end} 24h p.m. $> 8,0 \text{ mS/cm}$) war im Teilversuch 1 gering (0,15% nach pH_1 , 5,79% nach LF_{end}). Im Teilversuch 2 konnte die Fehlreifung PSE bei 15,0% der Tiere sowohl anhand der pH_1 - als auch Leitfähigkeitsmessung 24h p.m. LF_{end} im Kotelett nachgewiesen werden. Der Tropfsaftverlust im Kotelett 48h p.m. war im Teilversuch 2 bei den PSE-Schlachtkörper um 34,4% ($p < 0,001$)

(Einstufung nach pH1>5,8 Kotelett) bzw. um 51,6% (nach LFend>8,0mS/cm) höher als die der übrigen Schlachtkörper.

Die histochemische Analyse der Muskelfasertypsierung ergab lediglich Unterschiede zwischen den Vaterlinien im Anteil der roten Fasern. Die Pietrain-Nachkommen hatten einen geringeren Anteil an roten Fasern (-27%) als die Duroc-Nachkommen (34%, $p<0,05$). Dabei zeigten die Duroc-Nachkommen insgesamt kleinere Faserdurchmesser (-31%), dies war insbesondere bei den roten (-24%) und den intermediären Muskelfasern (-28%) signifikant (jeweils $p<0,01$). Der Muskelfleischanteil der Schlachtkörper korrelierte schwach negativ mit dem Anteil der roten Fasern ($r=-0,18$; jeweils $n=130$; $p<0,05$) und positiv mit dem Durchmesser der Muskelfasern ($r=0,27$; $p<0,001$) insgesamt bzw. dem der roten Muskelfasern ($r=0,34$; $p<0,001$).

Die sensorische Analyse ergab eine Überlegenheit ($p<0,05$) der Duroc-Nachkommen in den Kriterien des Genusswerts. Die Mutterlinie sowie das Geschlecht der Mastschweine hatten keinen statistisch gesicherten Einfluss auf die Parameter der Sensorik.

Alle untersuchten Genotypen hatten generell eine für die Marktanforderungen guten Muskelfleischanteil. Die mit der Rasse Duroc verbundene Erwartung auf eine bessere Fleischqualität zeigte sich im besseren Wasserbindungsvermögen und dem höheren intramuskulären Fettgehalt und führte auch zu einer besseren sensorischen Bewertung. Von den Nachkommen der Pietrain-Eber hatten Mastschweine aus der Sauenlinie LW*(LC*DL) die beste Fleischqualität. Die Nachkommen mit einem Schwäbisch-Hällischen Genanteil bieten sich für eine regionale Markenbildung an, sie waren allerdings nicht überzeugend, da sowohl in der Fruchtbarkeit, Mast und in der Fleischqualität eher unterdurchschnittliche Werte erreicht wurden.

Zur Identifikation von Fehlreifungen, die in höherem Tropfsaftverlust resultieren, zeigten sich Leitfähigkeitsmessungen 24h p.m. der Messung des pH1-Wertes deutlich überlegen und sind hinsichtlich Aussagefähigkeit und Praktikabilität für die Qualitätssicherung besser geeignet als die Messung des pH1-Wertes.

9. SUMMARY

What genotypes, basing on the genetic lines supplied by German Genetic, guarantees both a high-value carcass and excellent pork quality and high eating quality. It was studied how the criteria of fertility, weight development and yield at slaughter, relate to the criteria of pork quality. Parameters were chosen for predicting of a high eating quality and low drip losses. Thresholds can be derived from these parameters that permit reliable predicts of the results of pork quality and eating quality evaluations. The data reviewed in this study contains a comprehensive, holistic view of the life cycle of different lines and crossbreeds, from birth to slaughter and further until marketing as fresh pork in self-service-packages.

10 genotypes were studied. The following genotypes were used to produce the final crossbreeds: Large White (LW), German Landrace (DL), Leicoma (LC) and Schwäbisch-Hall (SH). The specific genotypes of the sows studied consisted LW*DL, LC*LW, LW*(LC*DL), LW*(SH*DL), and DL*(LC*LW). Therefore the sows crossbred represent typically genotypes in Baden-Württemberg as well as the Leicoma hybrid sows. These sows were bred with Pietrain and Duroc boars.

Data were collected from March 2008 to November 2009 included 2203 animals. The data analyzed fertility, traits and growth parameters during the different periods at production. Animals were slaughter at two slaughterhouses. Trial #1 1083 animals were slaughter at the abattoir in Ulm and Trial #2 240 animals slaughtered at the experimental slaughterhouse in Forchheim. 880 animals were not further evaluated as they were slaughtered at a different plant. In Trial #1, all carcass criteria value according to the FOM grading system and pork quality criteria (pH, conductivity) according to recognized standards. Muscle biopsies for histochemical and muscle fiber classification were taken from 130 animals. In addition in Trial #2 240 animals were totally dissected and weights of the individual parts of the carcass were determined. Meat quality criteria including the colour of the loin and the intramuscular fat content were also recorded. From 184 carcasses of Trial #1 the handling from deboning, packaging and the way to the store counters were studied and criteria of the eating quality were evaluated. The sows of the LW*(LC*DL) had the highest fertility rate with 13.4 piglets per litter born alive (average: 12.6 piglets per litter born alive) while also having the highest birth weights (1.73 kg/piglet; average: 1.69 kg/piglet). The lowest number of piglets born alive (12.3 piglets/litter) was observed in the DL*(LC*LW) cross breed, while the piglets with the least weight (1.50 kg/piglet) were born to the LW*(SH*DL) pairing. The boar lines showed no influence on either the birth weight or fertility parameters. The boar line, however, did reflect

a highly significant influence on the daily gain in all further production periods. The Duroc offspring gained 8.0% more (suckling period) and 3.8% more (rearing period) than the offspring from the Pietrain boars. Consequently, the Duroc offspring had a higher weaned weight (+6.5%). In the fattening period the Duroc offspring gained 9.0% more and therefore, had a lower age at slaughter.

The offspring from the sows LW*(LC*DL) had the greatest daily gain in the suckling period and had a higher weaning weight (+6%, $p < 0.05$) than the offspring from the LW*(SH*DL), which achieved the lowest overall weaning weight. The offspring from the sows LC*LW had an 11.4% lower daily gain in the suckling period ($p < 0.01$). In contrast, the rearing of these offspring showed a daily gain that was significantly higher (by 4.4%, $p < 0.001$) than the average. They also had up to a 7% improved daily gain during fattening compared to the offspring from the sows LW*(SH*DL), which achieved the least overall daily gain in the fattening period ($p < 0.001$). On analyzing the relationship between the development weights in the various production periods and the birth weight, it was obvious that the birth weight provides a significant positive influence on the performance in every production period, except for rearing. Indeed, in the rearing period the animals with a high birth weight tended to show low daily gains, whereas the piglets with a low birth weight were able to partially compensate for the early growth deficit during this period.

According to the yield at slaughter, the records of both slaughterhouses show that the Pietrain offspring had up to 3.46% more lean meat content than the Duroc offspring ($p < 0.001$). The lean meat content indicated an adverse correlation when compared to the daily gain in the fattening period ($r = -0.36$; each $n = 1083$, $p < 0.001$) as well as for the lifetime gain ($r = -0.31$). Significantly, in Trial #1 the offspring of the sows LW*(LC*DL) had the highest lean meat content with 58.24%, while the offspring from the sows LC*LW had the lowest lean meat content at 56.54%. In Trial #2, however, no meaningful evaluation of the influences of the maternal genotype was possible because of the low number of animals in the population. The dissection in Trial #2 reveals the effects of both boar and sows. The Pietrain offspring had 3.3% more ham content and 4.0% more of the valuable cuts, although there was no notable difference in the carcass length. The Duroc offspring had less lean meat content in the belly (-4.2%, Gruber Formula), more back fat (+13.7%), more leaf fat (+14.6%), and 12.5% more corrected fat area than the Pietrain offspring. The offspring of the sows LC*LW had with 98.2 cm a significantly shorter carcass (-2.3%) than the offspring of the other sows, the average was at 100.4 cm. The offspring from the 50% Leicoma sows showed the greatest corrected fat area of 20.07 cm² ($p < 0.001$), the average was at 17.93 cm². The offspring from the sows LW*(LC*DL) had 17.1% less corrected fat area. The correlation analysis resulted in a significant relationship between the parameters for lean meat development (lean meat content, ham, etc.) as well as the parameters that characterize the

fat formation (back fat, leaf fat content, etc.). Especially of a practical interest, is the close relationship between lean meat content (FOM) and the pork underbelly (Gruber Formula) ($r=0.92$; $n=240$; $p<0.001$).

For nearly every parameter the results of the pork quality grading under practical conditions (Trial #1) tended toward improved values for the pigs with Duroc genes, which showed a significantly lower drip loss. The Pietrain offspring had a 3-day post mortem drip loss of 3.71% in the loin and the Duroc offspring only of 1.82% ($p<0.001$). Similarly, in Trial #2, the crossbreeds with Pietrain had a 48-hour p.m. drip loss of 2.94%, and the Duroc offspring of 2.42% ($p<0.05$). There was also a significant difference in the conductivity values in the loins 24hr p.m.: the Pietrain offspring had a value of 2.34 mS/cm and, the Duroc offspring had 1.36 mS/cm ($p<0.001$). The intramuscular fat content resulted in 1.85% for the Duroc offspring, and 1.52% for the Pietrain offspring, which approximately equates to an increase of 20% ($p<0.001$). The influence of the sows on pork quality parameters was negligible. Only with the loin pH-value in Trial #1 prior to slaughtering (pH_{end}) and therefore for the water-holding capacity, there was a higher value recorded for the offspring from the sows LW*DL (5.74, $p<0.01$) compared to the offspring from sows LW*(SH*DL) (5.65), although this was accompanied only by a tendency for slight differences in drip loss.

Besides these parameters, some carcasses were also characterized with PSE qualities ($pH1<5.8$; conductivity 24hr p.m. >8.0 mS/cm). In Trial #1, based on the pH-readings at the slaughterhouse, almost no carcasses (0.15%) were identified with PSE, whereas the conductivity measurements in ham, 5.79% of the carcasses were identified as PSE. In Trial #2, 15.0% of the animals were PSE based on pH1 or conductivity measurements in the loin and ham. There were 5 carcasses which have PSE after both measurements in loin and ham. This indicates that under practical conditions, conductivity measurements are more suitable for quality assurance. In Trial #2 the drip loss in the loin 48hr p.m. were significantly higher ($p<0.001$) in the carcasses with PSE (34.4%, pH1 loin; 51.6% conductivity 24hr p.m. loin) compared to the normal carcasses. In Trial #1 there was no significant difference at the drip loss in the loin 3 d p.m.

In the histochemical analysis of the muscle fiber classification the only difference between the boar lines was found in the percentage of red fibers. The Pietrain offspring had slightly fewer red fibers (-27%, $p<0.05$) than the Duroc offspring. This also revealed that the Duroc offspring had smaller fibers (-31%, each $p<0.05$) overall. This was especially true for the red (-24%) and the intermediate muscle fibers (-31%). There was a low correlation in the lean meat content to the percentage of red fibers ($r=-0.18$; each $n=130$; $p<0.05$) and a high correlation to the diameter of single fibers ($r=0.27$; $p<0.001$) as well as a high correlation to the diameter of the red fibers ($r=0.34$; $p<0.001$). The parameter of meat quality did not correlate. In Trial #2 were also no samples taken for histochemical characterization.

The eating quality tests revealed an influence from the boar line. The offspring of the Duroc boars performed significantly better on a scale of 0 to 5 (by up to 0.4 points) compared to the offspring of the Pietrain boars. The sows as well as the gender of the crossbreeds had no statistically valid effect on the sensory parameters. The best scores were achieved by the offspring from the pairing of a Duroc boar with the sows LW*(LC*DL) and LW*DL. The recorded sensory parameters correlated closely with one another (tenderness to juiciness $r = 0.72$; $n=184$; $p<0,001$). The evaluation of aroma to lean meat content demonstrated a significantly adverse ($r=-0.17$; $n=184$; $p<0.01$) correlation, although there was only an adverse relationship in the percentage red muscle fibers to juiciness ($r=-0.63$; $n=13$, $p<0.05$). The pork from under developed muscled carcasses produced better results.

In general, all genotypes produced a high quality lean meat content according to the market requirements. As to expectation the improved pork quality of the Duroc breed was justified by the best eating quality, an improved water-holding capacity and a higher intramuscular fat content. An acceptable overall pork quality can be achieved by pairing the offspring from the Pietrain*LW*(LC*DL). The offspring with some Schwäbisch-Hall genes have an opportunity to establish a regional market. However, their performance was not convincing because in fertility, in daily gain, and even in pork quality they attained below average values. Nevertheless, an optimal pork quality can be achieved more efficiently with other genotypes. Due to highly standardized slaughterhouse processes in Trial #1, only a very small percentage of PSE was found. Therefore this confirms that the technical optimization of the slaughter- and cooling process together with the breeding remediation concerning animals which are susceptible to stress had minimized the appearance of carcasses with PSE.

Under the test conditions in Trial #2, the slaughtering process and especially the subsequent cooling were not optimized therefore in this case PSE appeared in a greater number of pork carcasses. Under these adverse conditions, the higher stability in pork quality of the Duroc breed was apparent.

On establishing predicting criteria, the percentage of PSE of the pork carcasses is quite positive. The superiority of the 24hr p.m. conductivity value for the drip loss predict is evident here. Under present conditions at large operational facilities, there are however limitations regarding the feasibility of exact pH1 value measurements and the determination of the threshold values. The measurement of the conductivity subsume the effects of slaughtering and cooling and is more appropriate than the pH1 value, especially, for the incoming inspection in the deboning area as well as for quality assurance.

Finally the pork quality of the studied genotypes is in general on a high level. With a suitable pricing for the agriculture production there give incentives for a further development of the pork quality. Therefore the assumption of precise instruction and classification of measureable parameters for the pricing is necessary.

10. LITERATURVERZEICHNIS

- Aalhus JL, Jones SDM, Roberston WM, Ton AK, Sather AP** 1991 Growth characteristics and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility over a weight range of 70 to 120 kg. *Animal Production* **52** 347-353
- Armero E, Flores M, Toldra F, Barbosa JA, Olivet J, Pla M, Baselga M** 1999 Effects of pig sire type and sex on carcass traits, meat quality and sensory quality of dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **79** 1147-1154
- Arneth W** 1986 Identifizierung von Fremdeiweiß und tierartspezifischen Eiweißstoffen. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemisch-Physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band **6** 171-191
- Barton-Gade P, Blaagjerg LO** 1989. Preliminary observations on the behavior and meat quality of free range pigs. In: *Proc. 35th Int. Cong. of Meat Sci. and Technol.*, Copenhagen, Denmark. 1002-1005
- Barnes B, Marklund S, Steiler T, Walter M, Hjalms G, Amarger V, Mahlapuu M, Leng Y, Johansson C, Galuska D** 2004 The 5'-AMP-activated protein kinase gamma 3 isoform has a key role in carbohydrate and lipid metabolism in glycolytic skeletal muscle. *Journal Biology Chemistry* **37** 38441-38447
- Beaulieu AD, Aalhus, JL, Williams NH, Patience, JF** 2010 Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, an eating quality of pork. *Journal of Animal Science* **88** 2767-2778
- Bee G** 2012 Wie wird Schweinefleisch beeinflusst? Published online: http://www.db-alp.admin.ch/de/ueberuns/faq_detail.php?id=57 download am 02.02.2012
- Bee G, Calderini M, Biolley C, Guex G, Herzog, W, Lindemann, MD** 2007 Changes in histochemical properties and meat quality traits of porcine muscle during the growing – finishing period as affected by feed restriction, slaughter age or slaughter weight. *Journal of Animal Science* **85** 1030-1045
- Bee G** 2004 Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *Journal of Animal Science* **82** 301-308
- Bee G, Geber S, Messikommer R** 2002 Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal of Animal Science* **80** 1564-1574
- Begg RG, Shahidi F** 2004 Flavor Development. University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada. Elsevier Ltd

- Bejerholm C, Barton-Gade PA** 1986 Effect of intramuscular fat level on eating quality in pig meat. Proc. **32nd** European Meeting of Meat Research Workers. Bristol, UK, 196-197
- Bérard J, Kalbe C, Lösel D, Tuchscherer M, Rehfeldt C** 2011 Potential sources of early-postnatal increase in myofibre number in pig skeletal muscle. *Histochemistry Cell Biology* **136** (2) 217-225
- Berard J, Kreuzer M, Bee G** 2010 In large litters birth weights and gender is decisive for growth performance but less for carcass and pork quality traits. *Meat Science* **86** 845-851
- Berard J, Kreuzer M, Bee G** 2008 Effect of litter size and birth weight on growth, carcass and pork quality, and their relationship to postmortem proteolysis. *Journal of Animal Science* **86** 2357-2368
- Bergstrom JR, Potter ML, Tokach, MD, Henry SC, Dritz SS, Goodband, RD, DeRouchey JM** 2009 Effects of Piglet Birth Weight and Litter Size on the Prewaning Growth Performance of Pigs on a Commercial Farm. Herd Health Management. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 11.12.2009
- Beutling D, Hahlweg S** 1981 Untersuchungen über die Feststellung des Ausblutungsgrades von Schlachttieren Mh. Vet. Med. 36, 620-624 in: **Meiler, D** 2006 Kontrolle des Entbluteerfolges bei der Schweineschlachtung im Hinblick auf Tierschutz und mögliche Auswirkungen auf Ausblutungsgrad und Fleischqualität. Dissertation LMU München
- Binke R** 2003 Vom Muskel zum Fleisch In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemie des Lebensmittel Fleischs. Kulmbacher Reihe Band **18** 39-57
- Blanchard PJ, Ellis M, Warkup CC, Hardy B, Chadwick JP, Deans GA** 1999 The influence of rate of lean and fat tissues development on pork eating quality. *Animal Science* **68** 477-485
- Blumer TN** 1963 Relationship of marbling to the palability of beef. *Journal of Animal Science* **22** 771-778
- Böttinger M** 2006 Untersuchungen des Einflusses verschiedener Produktionssysteme auf das Wachstum beim Schwein unter Verwendung der Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie zur Messung von Fett, Magerweichgewebe und Knochenmineralansatz. Dissertation Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Bonneau M, Lebrete B** 2010 Production systems and influence on eating quality of pork, *Meat Science*. **84** 293-300
- Bonneau M, Squires EJ** 2004 Boar Taint. Causes and Measurements. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Oxford, UK, Elsevier Ltd., 1:91-97
- Borchers N** 2011 Schweine aktuell: Jahresbericht 2010 der Qualitätsprüfanstalt Futterkamp. *Landpost* **5.3.2011** 55-56

- Branscheid W** 2007 Produktion, Verbrauch und Vermarktung von Fleisch In: **Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken, Troeger K** 2007 Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main Band 1 und 2 S.1-31
- Brewer MS, McKeith FK** 1999 Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. *Journal of Food Science* **64** 171-174
- Brewer MS, Zhu LG, McKeith, FK** 2001 Marbling effects on quality characteristics of pork loin chops: consumer purchase intent, visual and sensory characteristics. *Meat Science* **59** 153-163
- Brewer MS, Jensen J, Sosnicki, AA, Fields B, Wilson E and McKeith, FK** 2002 The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh pork loin chops. *Meat Science* **61** 249-256
- Bühl A** 2010 PASW 18 Einführung in die moderne Datenanalyse. 12. Auflage Pearson Studium München
- Cagnazzo M, te Pas MFW, Priem J, de Wit AAC, Pool MH, Davoli R, Russo V** 2006 Comparison of prenatal muscle tissue expression profiles of two pig breeds differing in muscle characteristics. *Journal of Animal Science* **84** 1-10
- Canario L, Lundgren H, Haandlykken, M, Rhydmer** 2010 Genetics of growth in piglets and the association with homogeneity of body weight within litters. *Journal of Animal Science* **88** 1240-1247
- Candek-Potokar M, Zlender B, Lefaucheur L, Bonneau M** 1998 Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Science* **48** 205-211
- Channon HA, Kerr MG, Walker PJ** 2004 Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Science* **66** 881-888
- Channon HA, Payne AM, Warner RD** 2000 Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science* **56** 291-299
- Channon JE, Morgan JB, Heavner J, McKeith FK, Smith GC, Meeker DL** 1995 Pork quality audit: A review of the factors influencing pork quality. *Journal of Muscle Foods* **6** 369-402
- Chen P, Baas TJ, Mabry JW, Koehler KJ** 2003 Genetic correlations between lean growth and litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace Pigs. *Journal of Animal Science* **81** 1700-1705
- Choe JH, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Ryu YC, Hong KC, Kim BC** 2008 The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science* **80** 355-362
- Classpro** 2008 Produktbeschreibung zum pH-Wert-Messgerät der Firma Classpro, Sielenbach

- Damez JL, Clerjon S** 2008 Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure. *Meat Science* **80** 2008 132-149
- Damgaard LH, Rydhmer L, Løvendahl P, Grandinson K** 2003 Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *Journal of Animal Science* **81** 604-610
- Dammermann M, Breslow JL** 1995 Genetic basis of lipoprotein disorders. *Circulation* **91** 505-512
- Damon M, Louveau I, Lefaucheur L, Lebret B, Vincent A, Leroy P, Sanchez MP, Herpin P, Gondret F** 2006 Number of intramuscular adipocytes and fatty acids binding protein – 4 content are significant indicators of intramuscular fat level in crossbred Large White x Duroc pigs. *Journal of Animal Science* **84** 1083–1092
- Delgado, E. F., G. H. Geesink, J. A. Marchello, D. E. Goll, M.Koohmaraie** 2001 The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. *Journal of Animal Science* **79** 398-412
- Deiss-Hemmeter U** 2005 Prüfung der Effektivität der Elektrostimulation auf die Fleischqualität bei Schlachtschweinen. Dissertation München
- Dikeman M, Devine CE** 2004 Optimization of Sensory and Meat Quality. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Oxford, UK, Elsevier Ltd., 1228-1233
- Dikeman ME** 2007 Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science* **77** 121-135
- Durrer A** 2004 PUFA-MUFA-Index (PMI) ersetzt PUFA-Norm. Pressemitteilung der Vital AG Schweiz
- Dwyer CM, Fletcher JM, Stickland NC** 1993 Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. *Journal of Animal Science* **71** 3339-3343
- Eagle lab** 2009 Produktbeschreibung zum Fettmessgerät der Firma Eagle lab, Detmold
- Eckert S, Müller U, Gschwender F, Bergfeld U, Köllitsch Schöberlein L** 2001 Drei Vatterassen im Test: Wer hat die Nase vorn? *SUS* **4** 32-35
- Edwards DB, Tempelman RJ, Bates RO** 2006 Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition. *Journal of Animal Science* **84** 266-275
- Edwards DB, Bates RO, Osburn WN** 2003 Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *Journal of Animal Science* **81** 1895-1899
- Eggert JM, Depreux FFS, Schinckel AP, Grant AL, Gerrard DE** 2002 Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. *Meat Science* **61** 117-126
- Eikelenboom G, Hoving-Bolink AH, van der Wal PG** 1996 The eating quality of pork. 2. The influence of intramuscular fat. *Fleischwirtschaft* **76** 559-560

- Ellis M, Webb AJ, Avery PJ, Brown I** 1996 The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughterhouse on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on organoleptic properties of fresh pork. *Journal of Animal Science* **62** 521-530
- Enfält AC, Lundström K, Hansson I, Lundeheim N, Nyström PE** 1997 Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Science* **45** 1-15
- Engelhardt W von, Breves G** 2005 *Physiologie der Haustiere*. Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart 2. Auflage
- Enser M, Hallet K, Hewitt B, Fursey GAJ, Wood JD** 1996 Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* **42** 443-456
- Faucitano L, Saucier L, Correa JA, Méthot S, Giguère A, Foury A, Mormède P, Bergeron R** 2006 Effect of feed texture, meal frequency and pre-slaughter fasting on carcass and meat quality, and urinary cortisol in pigs. *Meat Science* **74** 697-703
- Fernandez X, Tornberg E** 1992 Effect du pH ultime sur latendreté de la viande de pork. *Journées Recherche Porcine* **24** 65-70
- Fernandez X, Monin G, Talmant A, Mourot J und Lebret B** 1999 Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat- 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. *Meat Science* **53** 59-65
- Fernandez X, Monin G, Talmant A, Mourot J und Lebret B** 1999a Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat- 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat Science* **53** 67-72
- Fischer K**, 2010 Analyse embryonaler und perinataler Ferkelverluste – eine Studie an fruchtbarkeitsbetonten Sauenlinien in mitteldeutschen Schweinezuchtbetrieben. Dissertation Universität Rostock
- Fischer K, Lindner JP, Judas M, Höreth R** 2006 Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. II. Mitteilung: Merkmale der Fleisch – und Fettqualität *Archiv der Tierzucht Dummerstorf* **49** 279-292
- Fischer K** 2005 Consumer–relevant aspects of pork quality. *Animal Science Papers and Reports* vol. 23 no. **4** 269-280
- Fischer K, Reichel M, Lindner JP, Wicke M, Branscheid W** 2000 Einfluss der Vattertierrasse auf die Verzehrsqualität von Schweinefleisch. *Archiv der Tierzucht* **43** 477-486
- Fischer K** 1994 Zur Topographie des intramuskulären Fettgehalts bei Rind und Schwein. *Mitteilungsblatt Bundesanstalt für Fleischforschung* **33** 112-120
- Fischer K, Augustini C, McCormick R** 1988 Effect of fasting time before slaughter on the quality of pigmeat. *Fleischwirtschaft* **68** 485-488

- Fischer C** 1981 Veränderungen im Muskel nach dem Schlachten. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Band **2** 74-88
- Fisher P, Mellet FD, Hoffman LC** 2000 Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. *Meat Science* **54** 97-105
- Fortin A, Robertson WM, Tong AKW** 2005 The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science* **69** 297-305
- Frisby J, Raftery D, Kerry JP, Diamond D** 2005 Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science* **70** 329-336
- Fujii J, Otsu K, Zorzato F, deLeon S, Khanna VK, Weiler KE, O'Brien PJ, MacLennan DH** 1991 Identification of a mutation in porcine ryanodin receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* **253** 448-451
- Gentry JG, McGlone JJ, Miler MF, Blanton JR** 2002a Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. *Journal of Animal Science* **80** 1707-1715
- Gentry JG, McGlone JJ, Blanton JR and Miller MF** 2002b Impact of spontaneous exercise on performance meat quality and muscle fiber characteristics of growing / finishing pigs. *Journal of Animal Science* **80** 2833-2839
- Gesellschaft für Konsumforschung** 2011 Qualität – messbare Eigenschaft oder Ansichtsache? Deutsche Bauernkorrespondenz vom 17.11.2011
- Gil M, Delday MI, Gispert M, Font i Furnols M, Maltin CM, Plastow GS, Klont R, Sosnicki AA, Carrión D** 2008 Relationships between biochemical characteristics and meat quality Longissimus thoracis and Semimembranosus muscles in five porcine lines. *Meat Science* **80** 927-933
- Gispert M, Font i Furnols M, Gil M, Velarde A, Diestre A, Carrión D, Sosnicki AA, Plastow GS** 2007 Relationships between carcass quality parameters and genetic types. *Meat Science* **77** 397-404
- Glodek P** 1997 Sicherheit in der Produktion und Ausgeglichenheit am Markt. Hauptziele der deutschen Schweinezucht 2000. *Archiv Tierzucht Dummerstorf* **40** Sonderheft 41-47
- Glodek P** 1992 Schweinezucht. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Gondret F, Lefaucheur L, Louveau I, Lebret B, Pichodo X, Le Cozler Y.** 2005a Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. *Livestock Production Science* **93** 137-146
- Gondret F, Combes S, Lefaucheur L, Lebret B** 2005b Effects of exercise during growth and alternative rearing systems on muscle fibres and collagen properties. *Reproduction Nutrient Devision* **45** 69-86

- Gondret F, Lefaucheur L, Juin H, Louveau I, Lebret B** 2006 Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. *Journal of Animal Science* **84** 93-103
- Hamm R** 1981 Funktion und Struktur des Muskels In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Band **2** 57-73
- Hamm R, Honikel KO, Fischer C, Hamid A** 1980 Veränderungen des Rindfleisches nach dem Schlachten und ihre Auswirkungen auf das Wasserbindungsvermögen. *Fleischwirtschaft* **60** 1567-1576
- Hambrecht E, Eissen JJ, Nooijen RIJ, Ducro BJ, Smits CHM, den Hartog LA, Verstegen MWA** 2004 Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. *Journal of Animal Science* **82** 1401-1409
- Häussler S** 2007 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Fötalentwicklung beim Schwein. Dissertation Universität Hohenheim
- Hauner H, Entenmann G, Wabitsch M, Gaillard D, Negrel R, Ailhaud G and Pfeiffer EF** 1989 Promoting effect of glucocorticoids on the differentiation of human adipocyte precursor cells cultured in a chemically defined medium. *Journal of Clinical Investigations* **84** 1663-1670
- Hausman GJ, Dodson MV, Ajuwon K, Azain M, Barnes KM, Guan LL, Ziang J, Poulus SP, Sainz RD, Smith S, Spurlock M, Novakofski J, Fernyhough ME, Bergern WG** 2009 Board – invited Review: The biology and regulation of preadipocytes and adipocytes in meat animals. *Journal of Animal Science* **87** 1218–1246
- Hecht H** 1986 Reifung und Zartheit von Fleisch. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemisch-Physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band **6** 39-66
- Henckel P, Oksbjerg N, Erlandsen E, Barton-Gade P, Bejerholm C** 1997 Histo- and Biochemical Characteristics of the Longissimus Dorsi Muscle in Pigs and their Relationships to Performance and Meat Quality. *Meat Science* **47** 311-321
- 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. Dissertation aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Hildebrandt G** 2008 Geschmackswelten. DLG-Verlag Frankfurt
- Hildebrandt G, Schneider B** 2009 Arbeitsblätter Sensorik. DLG-Arbeitsblätter Sensorik 2/2009. Begleitheft in DLG-Zeitschrift: DLG-Lebensmittel Ausgabe Februar 2009
- Hirsch J, Batchelor B** 1976 Adipose tissue cellularity in human obesity. *Clinics of Endocrinology and Metabolism* **5** 299-311

- Hofmann K** 1973 Was ist Fleischqualität? Fleischwirtschaft **53** 485-489
- Hofmann K** 1974 Notwendigkeit und Vorschlag eine einheitlichen Definition des Begriffes „Fleischqualität“. Fleischwirtschaft **54** 1067
- Hofmann K** 1986 Ist Fleischqualität messbar? In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemisch-Physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band **6** 1-17
- Hofmann K** 1992 Bedeutung des Qualitätsbegriffs bei Fleisch und Fleischerzeugnissen in Wissenschaft und Praxis In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Qualitätssicherung im Fleischbereich. Kulmbacher Reihe Band **11** 20-45
- Hofmann K, Honikel KO** 2007 Der Qualitätsbegriff von Fleisch. In: **Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken, Troeger K** 2007a Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main Band 1, 79-84
- Holmer SF, McKeith RO, Boler DD, Dilger AC, Eggert JM, Petry DB, McKeith FK, Jones KL, Killefer J** 2009 The effect of pH on shelf – life of pork during aging and simulated retail display. Meat Science **82** 86-93
- Honikel KO** 1986 Wasserbindungsvermögen von Fleisch In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemisch-Physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band **6** 67-88
- Honikel KO** 1987 Wasserbindungsvermögen von Fleisch. Fleischwirtschaft **67** 418-428
- Honikel KO** 1992 Qualitätsprodukte erfordern geeignete Maßnahmen In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Qualitätssicherung im Fleischbereich. Kulmbacher Reihe Band **11** 1-19
- Honikel KO** 1993 Vom Fleisch zum Produkt – Zerkleinern, Reifen Erhitzen. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemie des Lebensmittels Fleisch. Kulmbacher Reihe Band **18** 70-94
- Honikel KO** 2007 Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität. in **Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken, Troeger K** 2007 Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main Band 2 855-881
- Hopkins DL, Taylor RG** 2002 Post-mortem muscle proteolysis and meat tenderisation. In: te Pas M, Everts M, Haagsman H (Eds.), Muscle development of livestock animals (pp. 363–389). Cambridge, MA, USA: CAB International
- Horák V** 1983 A successive histochemical staining for succinate dehydrogenase and “Reversed”-ATPase in a single section for the skeletal muscle fibre typing. Histochemistry and Cell Biology **78** 545-553
- Hovenier R, Karris E, van Asseldonk TH, Westerink NG** 1992 Genetic parametes of pig meat quality traits in a halothane negative population. Livestock Production Science **32** 309-321

- Huff-Lonergan E, Page J** 2001 The Role of Carcass Chilling in the Development of Pork Quality. Fact Sheet. Pork Information Gateway. National Pork Board/American Meat Science Association Fact Sheet
- Instron** 2006 Produktbeschreibung des Scherkraft-Messgerätes der Firma Instron, Pfungstadt
- Jelenikova J, Pipek P, Miyahara M** 2008 The effects of breed, sex, intramuscular fat and ultimate pH on pork tenderness – Die Auswirkungen von Rasse Geschlecht intramuskulärem Fettgehalt und End-pH-Wert auf die Zartheit von Schweinefleisch. European Food Research and Technology **227** 989-994
- Josell A, von Seth G, Tornberg E** 2003 Sensory quality and the incidence of PSE of pork in relation to crossbreed an RN phenotype. Meat Science **65** 651-660
- Judge MD, Aberle ED, Forrest JC, Hedrick HB, Merkel RA** 1989 Principles of Meat Science, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa
- Kalbe C, Schoppmeyer A, Fiedler I, Hartung M, Ender K** 2005 Schlachtkörperzusammensetzung Fleischqualität und Muskelstruktur verschiedener Schweinerassen. Fleischwirtschaft **85** 100-102
- Kanner J** 1994 Oxidative Process in Meat and Meat Products: Quality Implications. Meat Science **36** 169-189
- Kemp CM, Sensky PL, Bardsley RG, Buttery PJ, Parr T** 2010 Tenderness – An enzymatic view. Meat Science **84** 284-256
- Kim J, Lee YJ, Choi YM, Kim BC, Yoo BH, Honk KC** 2008 Possible muscle fiber characteristics in the selection for improvement in porcine lean meat production and quality. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences **21** 1529-1534
- Kirchheim U, Kinast C, Schöne F** 2001 Early post-mortem measurements as indicator of meat quality characteristics. Fleischwirtschaft **81** 89-90
- Knauer MT, Cassady JP, Newcom DW, See MT** 2011 Phenotypic and genetic correlations between gilt estrus, puberty, growth, composition, and structural conformation traits with first-litter reproductive measures. Journal of Animal Science **89** 935-942
- Knapp P, Willam A, Sölkner J** 1997 Genetic parameters for lean meat content and meat quality traits in different pig breeds. Livestock Production Science **52** 69-73
- Knauer MT, Cassady JP, Newcom DW, See MT** 2011 Phenotypic and genetic correlations between gilt estrus, puberty, growth, composition and structural conformation traits with first-litter reproductive measures. Journal of Animal Science **89** 935-942
- Kouba M, Sellier P** 2011 A review of the factors influencing the development of intermuscular adipose tissue in the growing pig. Meat Science **88** 213-220

- Kouba M, Enser M, Whittington FM, Nute GR, Wood JD** 2003 Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science* **81** 1967-1979
- Kratz R** 2003 Einfluss verschiedener Fettquellen in der Ernährung von Schweinen unterschiedlicher Genetik auf den Protein- und Lipidansatz, das Fettsäuremuster verschiedener Teilstücke und die Fleischbeschaffenheit. Dissertation **FB09**. Gießen
- Kuhlers DL, Nadarajah K, Jungst SB, Anderson BL, Gamble BE** 2003 Genetic selection for lean feed conversion in a closed line of Duroc pigs. *Livestock Production Science* **84** 75-82
- Kuhlers DL, Jungst SB, Little JA** 1994 An experimental comparison of equivalent terminal and rotational crossbreeding systems in swine: sow and litter performance. *Journal of Animal Science* **72** 584-590
- Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogue J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P, Monin G** 1997a Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth carcass and meat quality traits in large white pigs. *Journal of Animal Science* **75** 3126-3137
- Larzul C, LeRoy P, Gueblez R, Talmant A, Gogue J, Sellier P, Monin G** 1997b Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95 kg or 125 kg live weight. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **114** 309-320
- Latorre MA, Garcia-Belenguer E, Arino L** 2008 The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *Journal of Animal Science* **86** 1993-1942
- Latorre MA, Lazaro R, Gracia MI, Nieto M, Mateos GG** 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Science* **65** 1369-1377
- Laube S** 2000 Die Eignung spezieller Schweinekreuzungen zur Qualitätsverbesserung von Markenschweinefleisch unter besonderer Berücksichtigung von MHS-Status, Hampshirefaktor und intramuskulärem Fettgehalt. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- Laube S, Henning M, Brandt H, Kallweit E, Glodek P** 2000 Die Fleischbeschaffenheit von Schweinekreuzungen mit besonderen Qualitätseigenschaften im Vergleich zum heutigen Standard- und Markenschweinangebot. *Archiv Tierzucht, Dummerstorf* **43** 463-476
- Lawrie RA** 1985 Meat science (4th ed.). Pergamon International Library, Oxford
- Lebret B, Prunier A, Bonhomme N, Foury A, Mormède P, Dourmad JY** 2011 Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Science* **88** 14-22

- Lebret B, Juin H, Noblet J, Bonneau M** 2001 The effects of two methods for increasing age at slaughter on carcass and muscle traits and meat sensory quality in pigs. *Animal Science* **72** 87-94
- Lee S, Norman JM, Gunasekaran S, van Laack RLJM, Kim BC, Kauffman RG** 2000 Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. *Meat Science* **55** 385-389
- Lee JJ** 1984 Untersuchung über die Abhängigkeit der Zartheit von Rindermuskel. Dissertation TH
- Lee YB, Kaufmann RG, Grummer RH** 1973 Effect of early nutrition on the development of adipose tissue in pig. *Journal of Animal Science* **37** 1312-1318
- Lee SH, Choe JH, Choi YM, Jung, KC, Rhee MC, Hong KC, Lee SK, Ryu, YC, Kim BC** 2011 The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds. *Meat Science* **90** 284-91
- Lefaucheur L** 2010 A second look into fibre typing – relation to meat quality. Review. *Meat Science* **84** 257-270
- Lefaucheur L, Lebret B, Ecolan P, Louveau I, Prunier DM** 2011 Muscle characteristics and meat quality traits are affected by divergent selection on residual feed intake in pigs. *Journal of Animal Science* **89** 996-1010
- Lepetit J** 2008 Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science* **80** 960-967
- Lepetit J** 2007 A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science* **76** 147-159
- Link G** 2007 Beziehungen zwischen objektiv und subjektiv ermittelten Fleischqualitätsparametern unter besonderer Berücksichtigung der Muskelstrukturmerkmale im M. longissimus von Schweinen. Dissertation Göttingen
- Linke WA, Pfitzer G** 2005 Kontraktionsmechanismen. IN: **Schmidt RF, Lang F, Thews G (Hrsg.)**: Physiologie des Menschen. 29. Auflage Springer Medizin Verlag Heidelberg
- Lo LL, McLaren DG, McKeith FK, Fernando LR** 1992 Genetic analysis of growth, real-time ultrasound, carcass and pork quality traits in Duroc and Landrace pigs: heritabilities and correlations. *Journal of Animal Science* **70** 2387-2396
- Loeffler K** 2002 Anatomie und Physiologie der Haustiere. Verlag Ulmer UTB Stuttgart
- Lojda Z, Gossrau R, Schiebler TH** 1976 Enzym-histochemische Methoden. Springer Verlag Berlin-Heidelberg
- Lonergan SM, Stalder KJ, Huff-Lonergan E, Knight TJ, Goodwin RN, Prusa KJ, Beitz DC** 2007 Influence of lipid content pork sensory quality within pH classification. *Journal of Animal Science* **85** 1074-1079

- LSZ Boxberg** 2011 Informationen zur Leistungsprüfung 2011 Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg 2011
- LSZ Boxberg** 2010 Informationen zur Leistungsprüfung 2010 Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg 2010
- Mancini RA, Hunt MC** 2005 Review: Current research in meat color. *Meat Science* **71** 100-121
- Matthes W, Schubert C** 2008 Stressstabile Piétrain- und Duroc-Endstufeneber im Praxistest. *Landpost* **2008** 27-29
- Matthäus R** 2009 Produktbeschreibung pH-Star, Opto-Star und LF-Star des Ingenieurbüro R. Matthäus, Nobitz
- Milan D, Jeon JT, Looft C, Amarger V, Robic A, Thelander M, Rogel-Gaillard C, Paul S, Ianuccelli N, Rask L, Ronne H, Lunstrom K, Reinsch N, Gellin J, Kalm E, Roy OL, Chardon P, Andersson L** 2000 A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* **288** 1248-1251
- Miller D, Bidner B, McKeith F, Ellis M** 1997 The Acid Meat Gene. *Illini PorkNet Papers*
- Miller MF, Carr MA, Ramsey CB, Crockett KL, Hoover LC** 2001 Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science* **79** 3062-3068
- Miller RK** 2004 Palatability Texas A&M University Texas USA Elsevier Ltd
- Milligan BN, Fraser D, Kramer DL** 2002 Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livestock Production Science* **76** 181-191
- Moeller SJ, Miller RK, Edwards KK, Zerby HN, Logan KE, Aldredge TL, Stahl CA, Boggress M, Box-Steffensmeier JM** 2010 Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Science* **84** 14-22
- Monin G, Sellier P** 1985 Pork of low Technological Quality with a normal rate of muscle pH Fall in the Immediate Post-Mortem Period: The Case of Hampshire Breed. *Meat Science* **13** 49-63
- Monziols M, Collewet G, Bonneau M, Mariette F, Davenel A, Kouba M** 2006 Quantification of muscle, subcutaneous fat and intermuscular fat in pig carcasses and cuts by magnetic resonance imaging. *Meat Science* **72** 146-154
- Mörlein D, Link G, Werner Cc, Wicke M** 2007 Suitability of three commercially produced pig breeds in Germany for a meat quality program with emphasis on drip loss and eating quality. *Meat Science* **77** 504-511
- Mörlein D** 2005 Bestimmung des intramuskulären Fettgehalts (IMF) im M. longissimus von Schweine mittels Ultraschallspektralanalyse. Dissertation. Martin-Luther-Universität-Halle-Wittenberg

- Münch S** 2003 Chemie von Fetten und Begleitstoffen. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemie des Lebensmittels Fleisch. Kulmbacher Reihe Band **18** 19-38
- Müller S, Braun U, Freudenreich P, Branscheid W** 2009 Einflüsse alternativer Vatterassen auf die messbare Fleischqualität. Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung **3** 94-99
- Mußlick M, Hoy S** 2000 Intensivdeckstall oder herkömmliches Besamungszentrum?
- Myers AJ, Scramlin SM, Dilger AC, Souza CM, McKeith FK, Killefer J** 2009 Contribution of lean, fat, muscle color and degree of doneness to pork and beef species flavor. Meat Science **82** 59–63
- Nam YJ, Choi YM, Lee SH, Choe JH, Jeong DW, Kim YY, Kim BC** 2009 Sensory evaluations of porcine longissimus dorsi muscle: Relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. Meat Science **83** 731-736
- Naveau J** 1986 The genetic determination of meat quality in pigs. Heritability of the technological yield of meat prepared by the “Napole” method. Journées de la Recherche Porcine en France **18** 265-276
- Neumann W** 1994 Fleisch In: **Kräußlich H (Hrsg.)** 1994 Tierzuchtungslehre. 4. Auflage UTB für Wissenschaft, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Nielsen NJ** 1981 in Porcine Stress and Meat Quality – Causes and Possible Solutions to the Problems. In: **Oliver MA, Gispert M, Diestre A** 1993 The effects of breed and Halothane Sensitivity on pig meat quality. Meat Science **35** 105-118
- Nissen PM, Jorgensen PF, Oksbjerg N** 2004 Within-litter variation in muscle fiber characteristics, pig performance and meat quality traits. Journal of Animal Science **82** 414-421
- Olivares A, Daza A, Rey AU, Lopez-Bote CJ** 2009 Interactions between genotype, dietary fat saturation and vitamin A concentration on intramuscular fat content and fatty acid composition in pigs. Meat Science **82** 6-12
- Oliver MA, Gispert M, Diestre A** 1993 The effects of breed and Halothane Sensitivity on pig meat quality. Meat Science **35** 105-118
- Otto G** 2005 Investigations on meat quality in pigs with special emphasis on drip loss. Dissertation Universität Kiel
- Paeger, J** 2011 Qualitätsmanagement – Kundenanforderungen erfüllen und übertreffen. <http://www.paeger-consulting.de/html/qualitatsmanagement.html> download am 04.03.2012
- Pearce K, Rosenvold K, Andersen HJ, Hopkins DL** 2001 Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. Meat Science **89** 111-124

- Pearson AM, Young RB** 1989 Muscle and meat biochemistry. Food science and technology. A series of monographs. Elsevier Science and Technology Books In: **Frisby J, Raftery D, Kerry JP, Diamond D** 2005 Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science* **70** 329-336
- Pedersen LJ, Berg P, Joergensen G, Andersen IL** 2011 Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. *Journal of Animal Science* 2011 **89** 1207-1218
- Pette D, Staron RS** 1990 Cellular and Molecular Diversities of Mammalian Skeletal Muscle Fibres. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* Springer-Verlag **116** 1-76
- Pfeiffer H, Lengerken von G, Gebhardt G** 1984 Wachstum und Schlachtkörperqualität bei landwirtschaftlichen Nutztieren- Schweine VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- Pliquett U, Altmann M, Pliquett F, Schöberlein L** 2003 P_y – a parameter for meat quality. *Meat Science* **65** 1429-1437
- Potthast K** 1986 Fleischfarbe, Farbstabilität und Umröten. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band **6** 89-110
- Potthast K** 1981 Chemie der Fette und Fettbegleitstoffe. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Band **2** 19-37
- Prevolnik M, Candek–Potokar M, Novic M, Skorjanc D** 2009 An attempt to predict pork drip loss from pH and colour measurements or near infrared spectra using artificial neural networks. *Meat Science* **83** 405-411
- Ramirez R, Cava R** 2007 Carcass composition and meat quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs. *Meat Science* **75** 388-396
- Rauw WM, Varona L, Raya LG, Noguera L** 2003 Meat productions using four terminal pig lines. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **83** 1504-1510
- Rauw WM, Kanis E, Noordhuizen-Strazen EN, Grommers FJ** 1998 Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals. a review. *Livestock Production Science* **56** 15-33
- Rees MP, Graham RT, Warner RD** 2003 The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing forpork. II: Interaction with chilling temperature. *Meat Science* **65** 805-816
- Rehfeldt C, Tuschscherer A, Hartung M, Kuhn G** 2008 A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Science* **78** 170-175
- Rehfeldt C, Kuhn G** 2006 Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *Journal of Animal Science* **84** E113-E123

- Rehfehlidt C, Fiedler I, Dietl G, Ender K** 2000 Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science* **66** 177-188
- Reiner G** 2006 Genetische Aspekte der Fruchtbarkeit beim Schwein. *Tierärztliche Praxis* **34** 1-8
- Resurreccion AVA** 2004 Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science* **66** (1): 11-20
- Rincker PJ, Killefer J, Ellis M, Brewer MS, McKeith FK** 2008 Intramuscular fat content has little influence on the eating quality of fresh pork loin chops. *Journal of Animal Science* **86** 730-737
- Rogowski B** 1981 Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fett. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Band **2** 38-56
- Rootwelt V, Reksen O, Framstad T** 2011 Production traits of litters in two crossbreed Duroc pig lines. *Journal of Animal Science* published online August 19, 2011
- Rosenvold K, Andersen HJ** 2003 Factors of significance for pork quality-a review. *Meat Science* **64** 219-237
- Rummel C** 2008 Der Mensch als Meßinstrument. In: **Hildebrandt G** 2008 Geschmackswelten DLG–Verlag Frankfurt 129-140
- Ruusunen M, Puolanne E** 2004 Histochemical properties of fibre types in muscles of wild and domestic pigs and the effect of growth rate on muscle fibre properties. *Meat Science* **67** 533-539
- Ruusunen M, Partanan K, Pösö R, Puolanne E** 2007 The effect of dietary protein supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality of pigs. *Livestock Science* **107** 170-181
- Ruusunen M, Puolanne E, Sevon-Aimone ML, Partanen K, Voutilainen L, Niemi J** 2012 Carcass and meat quality traits of four different pig crosses. *Meat Science* **90** 543-547
- Ryu YC, Kim BC** 2006 Comparisons of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science* **84** 894-901
- Sachs L, Hedderich J** 2009 Angewandte Statistik Methodensammlung mit R, 13. Auflage, Springer Verlag Heidelberg
- Salmi B, Trefan L, Bünger L, Doeschl-Wilson A, Bidanel JP, Terlouw C, Larzul C** 2012 Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. *Meat Science* **90** 584-598
- Sather AP, Jones SDM, Scheafer AL, Colyn J, Robertson WM** 1997 Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free range reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science* **77:2** 225-232

- Schiebler TH** 1986 Histologie: Lehrbuch der Cytologie. Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg 2.Auflage
- Schmitke S** 2002 Die elektrische Leitfähigkeit als Diagnoseparameter für die Rindfleischreifung. Tierärztliche Hochschule Hannover Dissertation
- Schmitt F, Burgstaller G, Hammer K, Matzke P, Mittrach, B, Schmid W** 1989 Handbuch Schweineproduktion. Verlagsunion Agrar DLG–Verlag Frankfurt (Main)
- Schönmuth G, Seeland G** 1994 Wachstum und Fleisch In: **Kräußlich H (Hrsg.)** 1994 Tierzüchtungslehre. 4. Auflage UTB für Wissenschaft, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Schwaller B** 2001 Preadipozyten und Adipozyten. Université de Fribourg Faculté des sciences Département de médecine Unité d'Anatomie
- Schwägele F** 2003 Struktur und Funktion des Muskels. In: **Forschungsverbund Produkt- und Ernährungsforschung**. Chemie des Lebensmittels Fleisch. Bundesanstalt für Fleischforschung. Kulmbacher Reihe Band **18**. 39-56
- Schwägele F** 1998 Kühlung, Kühlagerung und Fleischreifung – chemische und physikalische Grundlagen In: **Forschungsverbund Produkt- und Ernährungsforschung**. Kühlen, Zerlegen, Kühlagerung und Fleischreifung – Einfluss auf die Fleischqualität. Bundesanstalt für Fleischforschung. Kulmbacher Reihe Band **15**. 7-34
- Schwägele F** 1993 Kühlung Kühlagerung und Fleischreifung. Fleischwirtschaft **61** 103-106
- Schwägele F** 1992 Erfassung von Qualitätsmerkmalen nach dem Schlachten In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung**. Qualitätssicherung im Fleischbereich. Bundesanstalt für Fleischforschung. Kulmbacher Reihe Band **11**, 48-72
- Sentandreu M A, Coulis G, Ouali A** 2002 Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. Trends in Food Science and Technology **13** 400-421
- Shahidi F, Samaranayaka AGP, Pegg RB** 2004 Maillard Reaction and Browning. In: Encyclopedia of Meat Sciences. Oxford, UK, Elsevier Ltd. 578-592
- Smith SB, Crouse JD** 1984 Relative contributions of acetate, lactate, and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. Journal of Nutrition **114** 792-800
- Stone H, Sidel JL** 1993 Sensory Evaluation Practices. Academic Press Inc. San Diego New York Boston
- Swatland HJ** 2003 Ellipsometry across isolated muscle fibres indicates a refractive contribution to paleness of pork. Meat Science **63** 463-467
- Szentkuti L, Egger A** 1985 Eine zuverlässige Modifikation der Myosin-ATPase-Reaktion zur histochemischen Darstellung von drei Fasertypen in der Skelettmuskulatur von Schweinen. Fleischwirtschaft **65** 1398-1404

- Szentkuti L, Cassens RG** 1978 Die Verteilung der Fasertypen I, II A und II B im M. longissimus dorsi und M. semitendinosus von Schweinen verschiedenen Alters. Deutsche tierärztliche Wochenschriften **85** 23-27
- Taylor RG** 2004 Muscle Fiber Types and Meat Quality. Institut National de la Recherche Agronomique St – Genès – Champanelle France Elsevier Ltd
- Teye GA, Sheard PR, Whittington FM, Nute GR, Stewart A, Wood JD** 2006 Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. Meat Science **73** 157-165
- Tikk K, Lindahl G, Karlsson AH, Andersen HJ** 2008 The significance of diet, slaughter weight and aging time on pork color and color stability. Meat Science **79** 806-816
- Tilton SL, Miller PS, Lewis AJ, Reese DE, Ermer PM** 1999 Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effecto on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. Journal of Animal Science **77** 2491-2500
- Van de Perre V, Permentier L, de Bie S, Verbeke G, Geers R** 2010 Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. Meat Science **86** 931-937
- Van der Wal PG** 1991 Free range pigs: carcass characteristics and meat quality. In: Proc. 35th Int. Congress of Meat Science and Technology, Copenhagen, Denmark. pp 202–205
- Van der Wal PG, Olsman WJ, Garssen GJ, Engel B** 1992 Marbling, intramuscular fat and meat colour of Dutch Pork. Meat Science **32** 351-355
- Van Laack RL, Stevens SG, Stalder KJ** 2001 The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. Journal of Animal Science **79** 392-397
- Van Laack RLJM, Spencer E** 1999 Influence of swine genotype on fatty acid composition of phospholipids in Longissimus Muscle. Journal of Animal Science **77** 1742-1745
- Van Oeckel MJ, Warnants N, Boucqué CHV** 1999 Pork tenderness estimation by taste panel, Warner&Bratzler shear force and on-line methods. Meat Science **53** 259-267
- Ventanas S, Ruiz J, Garcia C, Ventanas J** 2007 Preference and juiciness of Iberian dry – cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. Meat Science **77** 324–330
- Verbeke W, Pérez-Cueto FJA, de Barcellos MD, Krystallis A, Grunert KG** 2010 European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. Meat Science **84** 284-292
- Virgili R, Degni M, Schivazappa C, Faeti V, Poletti E, Marchetto G, Pacchioli MT, Mordenti A** 2003 Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs. Journal of Animal Science **81** 2448-2456

- Von Lengerken G, Ellendorf F, Lengerken von J** 2006 Tierzucht. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- Von Lengerken G, Wicke M, Fischer K** 2007 Schlachttierwert des Schweines In: **Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken, Troeger K** 2007 Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main Band **1** 207-245
- Wähner M, John A, Hoffmeyer C** 2001 Zum Einfluss des Wachstums und der Seitenspeckdicke auf die Fruchtbarkeits- und Aufzuchtleistung von Jungsauen. 1. Mitteilung: Vergleich der Merkmale Wachstum, Seitenspeckdicke, Fruchtbarkeit und Aufzuchtleistung. Archiv für Tierzucht Dummerstorf **44** (2001) 2, 157-166
- Wagner H** 2003 Aufbau und Funktion von Eiweißstoffen. In: **Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung** Chemie des Lebensmittels Fleisch. Kulmbacher Reihe Band **18** 9-11
- Warkup CC, Kempster AJ** 1991 A possible explanation of the variation in tenderness and juiciness of pig meat (abstract). Animal Production **52** 559
- Warriss PD** 1994 Antemortem handling of pigs. In: Cole DJA, Wiseman J; MA Marley (Eds.) Nottingham, England: Nottingham University Press
- Warriss PD, Brown SN, Adams SJM, Corlett IK** 1994 Relationship between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. Meat Science **38** 329-340
- Weiler U, Appell HJ, Kremser M, Hofacker S, Claus R** 1995 Consequences of selection on muscle composition. A comparative study on gracilis muscle in wild and domestic pigs. Anatomy Histology Embryology **24** 77-80
- Weißmann F** 2011 An exemplary view on the influence of genotype and feeding on growth performance, carcass quality, and meat quality in organic pig fattening. Agriculture and Forestry Research **2** **61** 75-82
- Weißmann F, Lapp J, Baulain U, Brade W, Fischer k, Brandtz H** 2010 Zum Einfluss unterschiedlicher Duroc-Anteile auf Mastleistung sowie Schlachtkörper- und Fleischqualität. In: **Rahmann G, Schumacher U** 2010 Neues aus der ökologischen Tierhaltung 27-32
- Wendt M, Bickhardt K, Herzog A, Fischer A, Martens H, Richter T** 2000 Belastungsmypathie des Schweines und PSE-Fleisch: Klinik Pathogenese Ätiologie und tierschutzrechtliche Aspekte. Berlin und München Tierärztliche Wochenschrift **113** 173-190
- Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M** 1999 Tenderness classification of beef: III: Effect of the interaction between end point temperature and tenderness on Warner-Bratzler shear force of beef longissimus. Journal of Animal Science **77** 400-407
- Wicke M, Maak S, Rehfeldt C, von Lengerken G** 2007 Anatomisch-physiologische Grundlagen der Fleischqualität In: **Branscheid W, Honikel KO, von Lengerken,**

- Troege K** 2007 Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main Band 1 und 2 S.1-31
- Widmaier EP, Raff H, Strang KT** 2004 Muscle. In: **Vander, Sherman, Luciano's** Human Physiology: The Mechanism of Body Function. 9. Auflage Verlag McGraw-Hill, Boston, New York
- Wimmers K, Murani E, Ngu NT, Schellander K, Ponsuksili S** 2007 Structural and functional genomics to elucidate the genetic background of microstructural and biophysical muscle properties in the pig. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **124** 27-34
- Winder WW** 2001 Energy-sensing and signaling by AMP-activated protein kinase in skeletal muscle. *Journal Applied Physiology* **91** (3) 1017-1028
- Wittenburg D, Teuscher F, Reinsch N** 2011 Statistical tools to detect genetic variation for a sex dimorphism in piglet birth weight. *Journal of Animal Science* **89** 622-629
- Wittman W, Ecolan P, Levasseur P, Fernandez X** 1994 Fasting induce glycogen depletion in different fibre types of red and white pig muscle-relationship with ultimate pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **66** 257-266
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM** 2008 Fat deposition, fatty acid compositions and meat quality: A Review. *Meat Science* **78** 343-358
- Wood JD, Nute GR, Richardson RI, Whittington FM, Southwood O, Plastow G, Mansbridge, da Costa N, Chang KC** 2004 Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science* **67** 2004 651-667
- Wood JD, Brown SN, Nute GR, Whittington FM, Perry AM Johnson SP** 1996 Effects of breed, feed level and conditioning time on the tenderness of pork. *Meat Science* **44** 105-112
- Wood JD, Enser M, Whittington FM, Moncrieff CB, Kempster AJ** 1989 Backfat composition in pigs: differences between fat thickness groups and sexes. *Livestock Production Science* **22** 351-362
- Wood, JD** 1989 Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In J. Wiseman (Ed.), *Fats in animal nutrition* (pp. 407–435) London: Butterworths. In: **Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM** 2008 Fat deposition, fatty acid compositions and meat quality: A Review. *Meat Science* **78** 343-358
- Wood JD, Enser MB, MacFie HJH, Smith WC, Chadwick JP, Ellis M et al.,** 1978 Fatty acid composition of backfat in Large White pigs selected for low backfat thickness. *Meat Science* **2** 289-300
- Ziron M** 2011 Ferkel von Jungsauen erreichen geringere Mastleistung. Versuchsbericht FH Soest. published online http://www.gfs-topgenetik.de/ferkel_von_jungsauen_bringen_geringere_mastleistung.html download am 10.10.2011

11. ANHANG

11.1 Tabellen

Tabelle 11.1: Wurfgröße, Zahl der lebend geborenen Ferkel (n), Zahl der tot geborenen Ferkel (n und %) sowie durchschnittliches Geburtsgewicht/Wurf (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Jungsauen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Wurfgröße	sig ^a	Lebend geborene Ferkel	sig ^a	tot geborene Ferkel	sig ^a	% tot geborene Ferkel	sig ^a	Geburtsgewicht	sig ^a
VL	Pi	170	11,99 $\pm$ 0,257	n.s.	11,65 $\pm$ 0,260	n.s.	0,34 $\pm$ 0,063	n.s.	2,99 $\pm$ 0,554	n.s.	1,54 $\pm$ 0,024	n.s.
	Du	9	12,28 $\pm$ 1,002		12,11 $\pm$ 1,013		0,17 $\pm$ 0,247		1,85 $\pm$ 2,159		1,55 $\pm$ 0,092	
ML	21	37	11,22 $\pm$ 1,050	n.s.	10,73 $\pm$ 1,606	n.s.	0,49 $\pm$ 0,259	n.s.	4,80 $\pm$ 2,263	n.s.	1,54 $\pm$ 0,096	n.s.
	42	11	12,00 $\pm$ 0,871		11,73 $\pm$ 0,880		0,27 $\pm$ 0,215		2,41 $\pm$ 1,877		1,48 $\pm$ 0,080	
	142	56	12,53 $\pm$ 0,749		12,33 $\pm$ 0,757		0,20 $\pm$ 0,185		1,72 $\pm$ 1,615		1,50 $\pm$ 0,069	
	241	48	13,01 $\pm$ 0,861		12,92 $\pm$ 0,870		0,09 $\pm$ 0,212		0,59 $\pm$ 1,856		1,63 $\pm$ 0,079	
	261	27	11,26 $\pm$ 0,556		10,89 $\pm$ 0,562		0,37 $\pm$ 0,137		3,84 $\pm$ 1,198		1,51 $\pm$ 0,051	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.2: Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Jungsauen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	abgesetzte Ferkel	sig ^a	Ø - Absetzgewichte je Ferkel (kg)	sig ^a	Saugferkelverluste in %	sig ^a
VL	Pi	170	9,75 $\pm$ 0,236	n.s.	7,59 $\pm$ 0,157	n.s.	15,16 $\pm$ 1,350	n.s.
	Du	9	9,92 $\pm$ 0,919		8,23 $\pm$ 0,613		19,31 $\pm$ 5,264	
ML	21	37	7,93 $\pm$ 0,963	n.s.	8,56 $\pm$ 0,643	n.s.	26,16 $\pm$ 5,515	n.s.
	42	11	10,00 $\pm$ 0,799		7,06 $\pm$ 0,533		13,99 $\pm$ 4,574	
	142	56	11,18 $\pm$ 0,687		6,81 $\pm$ 0,459		9,02 $\pm$ 3,936	
	241	48	10,64 $\pm$ 0,790		8,56 $\pm$ 0,527		16,58 $\pm$ 4,523	
	261	27	9,00 $\pm$ 0,510		7,69 $\pm$ 0,340		16,17 $\pm$ 2,920	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s.=nicht signifikant

Tabelle 11.3: Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewicht (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	abgesetzte Ferkel	sig ^a	Ø - Absetzgewichte je Ferkel (kg)	sig ^a	Saugferkelverluste in %	sig ^a
VL	Pi	241	9,46 $\pm$ 0,223	n.s.	8,5 $\pm$ 0,132	n.s.	25,53 $\pm$ 1,517	n.s.
	Du	115	9,7 $\pm$ 0,307		8,47 $\pm$ 0,182		23,34 $\pm$ 2,083	
ML	21	136	9,84 $\pm$ 0,228	n.s.	8,45 $\pm$ 0,135	n.s.	23,04 $\pm$ 1,550	n.s.
	42	16	8,90 $\pm$ 0,660		8,42 $\pm$ 0,391		27,15 $\pm$ 4,481	
	142	104	9,46 $\pm$ 0,302		8,49 $\pm$ 0,179		22,93 $\pm$ 2,050	
	241	51	10,05 $\pm$ 0,358		8,92 $\pm$ 0,212		26,05 $\pm$ 12,431	
	261	48	9,64 $\pm$ 0,439		8,16 $\pm$ 0,260		25,52 $\pm$ 2,980	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s.=nicht signifikant

Tabelle 11.4: Wurfgröße nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	n	Wurfgröße	sig ^a
Pietrain	21	122	12,8 $\pm$ 0,280	n.s.
	42	21	13,0 $\pm$ 0,675	
	142	133	12,9 $\pm$ 0,268	
	241	70	13,3 $\pm$ 0,369	
	261	64	12,1 $\pm$ 0,386	
Duroc	21	51	13,6 $\pm$ 0,433	
	42	6	12,3 $\pm$ 1,262	
	142	27	12,4 $\pm$ 0,595	
	241	29	13,7 $\pm$ 0,574	
	261	11	14,7 $\pm$ 0,932	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.5: Tägliche Zunahmen in der Mast (g), Schlachtagter, Muskelfleischanteil (% MFA) und Tropfsaftverlust (%) nach Einteilung in fünf Geburtsgewichtsklassen

TSV 48 h p.m. (%)	n	Tgl. Zu- nahmen Mast (g)	n	Schlacht- alter (d)	n	MFA (%) TV 1	n	MFA (%) TV 2	n	TSV Kotelet 48 h. p.m. (%)	n	TSV Kotelett 3 Tage p.m. (%)
Gruppe 1: 0,78-1,50 kg												
MW	424	846,28	423	182	170	57,68	44	54,99	44	2,81	41	2,13
Min		545,69		149		46,20		46,80		0,60		0,11
Max		1157,07		215		65,40		63,90		6,80		8,05
Gruppe 2: 1,51-1,70 kg												
MW	247	867,18	247	178	109	57,25	39	55,84	39	2,58	20	1,63
Min		597,44		149		47,90		46,50		0,52		0,37
Max		1111,69		210		64,20		64,50		6,12		4,40
Gruppe 3: 1,71-1,90 kg												
MW	220	876,98	220	176	107	57,27	20	56,95	21	2,48	20	2,54
Min		507,76		153		45,20		49,30		0,62		0,50
Max		1086,95		201		63,40		64,00		5,98		7,68
Gruppe 4: 1,91-2,10 kg												
MW	177	895,98	177	174	85	57,20	17	54,38	15	3,43	17	2,15
Min		525,86		150		50,60		47,50		0,51		0,17
Max		1184,42		208		63,50		62,60		6,56		6,77
Gruppe 5: 2,11-3,50 kg												
MW	151	908,55	151	172	79	57,22	7	53,13	7	2,88	16	1,56
Min		571,84		149		50,60		48,50		1,70		0,00
Max		1178,67		194		63,30		56,60		5,98		3,75

Tabelle 11.6: Zahl der abgesetzten Ferkel (n), Absetzgewichte (kg) und Saugferkelverluste (%) nach Genotyp bezogen auf die geborenen Würfe (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	n	abgesetzte Ferkel	sig ^a	Absetzgewicht (kg)	sig ^a	Saugferkelverluste (%)	sig ^a
Pietrain	21	122	9,8 $\pm$ 0,236	*	8,3 $\pm$ 0,149	*	19,3 $\pm$ 1,553	n.s.
	42	21	9,7 $\pm$ 0,569		7,9 $\pm$ 0,359		21,1 $\pm$ 3,743	
	142	133	10,0 $\pm$ 0,226		7,8 $\pm$ 0,143		18,6 $\pm$ 1,487	
	241	70	10,1 $\pm$ 0,312		8,2 $\pm$ 0,197		21,0 $\pm$ 2,050	
	261	64	8,6 $\pm$,326		8,2 $\pm$ 0,206		22,9 $\pm$ 2,144	
Duroc	21	51	9,8 $\pm$ 0,365		8,4 $\pm$ 0,230		24,7 $\pm$ 2,402	
	42	6	8,5 $\pm$ 1,065		8,0 $\pm$ 0,672		25,4 $\pm$ 7,003	
	142	27	9,3 $\pm$ 0,502		8,5 $\pm$ 0,317		22,3 $\pm$ 3,301	
	241	29	10,4 $\pm$ 0,485		9,4 $\pm$ 0,305		22,5 $\pm$ 3,186	
	261	11	11,0 $\pm$ 0,787		7,7 $\pm$ 0,496		23,1 $\pm$ 5,172	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.7: Gewicht nach 21 d nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	21 d-Gewicht (kg)	sig ^a
VL	Pi	446	6,17 $\pm 0,089$	n.s.
	Du	298	6,39 $\pm 0,113$	
ML	142	220	5,53 $\pm 0,115$	***
	21	180	6,71 $\pm 0,123$	
	241	202	6,66 $\pm 0,117$	
	261	86	5,99 $\pm 0,189$	
	42	56	6,50 $\pm 0,227$	
GES	K	360	6,27 $\pm 0,105$	n.s.
	W	384	6,29 $\pm 0,099$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, n.s.= nicht signifikant**Tabelle 11.8:** Mastestallgewicht (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Mastestallgewicht (kg)	sig ^a
VL	Pi	1774	30,18 $\pm 0,080$	***
	Du	582	31,80 $\pm 0,148$	
ML	142	744	30,76 $\pm 0,136$	***
	21	628	30,48 $\pm 0,124$	
	241	517	31,52 $\pm 0,136$	
	261	318	30,33 $\pm 0,196$	
	42	149	31,85 $\pm 0,293$	
GES	K	1120	31,18 $\pm 0,117$	*
	W	1236	30,80 $\pm 0,121$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.9: Mastendgewicht (kg) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES)
(LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Mastendgewicht (kg)	sig ^a
VL	Pi	1774	117,48 $\pm 0,162$	***
	Du	582	119,70 $\pm 0,302$	
ML	142	744	118,82 $\pm 0,278$	***
	21	628	119,04 $\pm 0,253$	
	241	517	119,48 $\pm 0,279$	
	261	318	116,63 $\pm 0,400$	
	42	149	118,99 $\pm 0,598$	
GES	K	1120	118,57 $\pm 0,239$	n.s.
	W	1236	118,61 $\pm 0,246$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0,001$, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.10: Tägliche Zunahmen (g) in der Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) für die Jungsaugen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Tägliche Zunahme in g	sig ^a	Kovariate Geburtsgewicht (***) (1,66)	sig ^a	Kovariate Wurfgröße (***) 13,12	sig ^a
VL	Pi	360	230,2 $\pm$ 4,024	*	231,7 $\pm$ 3,840	*	222,7 $\pm$ 5,171	***
	Du	123	247,5 $\pm$ 6,788		247,6 $\pm$ 6,467		252,6 $\pm$ 7,169	
ML	21	66	239,8 ^{ab} $\pm$ 8,826	*	236,4 $\pm$ 8,423	*	233,0 $\pm$ 8,735	***
	42	36	239,6 ^{ab} $\pm$ 12,957		244,1 $\pm$ 12,362		231,1 $\pm$ 13,969	
	142	154	219,4 ^a $\pm$ 6,150		223,8 $\pm$ 5,894		214,0 $\pm$ 6,724	
	241	158	245,1 ^{ab} $\pm$ 5,892		238,7 $\pm$ 5,691		254,9 $\pm$ 6,627	
	261	69	250,5 ^b $\pm$ 8,417		255,1 $\pm$ 8,047		255,2 $\pm$ 11,103	
GES	K	234	238,5 $\pm$ 5,354	n.s.	237,6 $\pm$ 5,103	n.s.	237,3 $\pm$ 6,180	n.s.
	W	239	239,3 $\pm$ 5,796		241,6 $\pm$ 5,533		238,0 $\pm$ 6,223	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, *=p<0 05, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.11: Tägliche Zunahmen (g) in der Säugezeit nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) für die Altsauen (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Tägliche Zunahme in g	sig ^a	Kovariate Geburtsgewicht (***) (1,72)	sig ^a	Kovariate Wurfgröße (***) 13,64	sig ^a
VL	Pi	329	242,0 $\pm$ 3,680	*	242,8 $\pm$ 3,487	*	245,6 $\pm$ 4,476	*
	Du	348	255,9 $\pm$ 4,011		257,9 $\pm$ 3,806		260,5 $\pm$ 4,807	
ML	21	196	253,6 ^{ab} $\pm$ 4,389	*	253,4 $\pm$ 4,157	n.s.	261,2 $\pm$ 4,859	**
	42	61	248,0 ^{ab} $\pm$ 8,288		249,9 $\pm$ 7,853		254,7 $\pm$ 11,089	
	142	178	251,4 ^{ab} $\pm$ 4,655		251,2 $\pm$ 4,409		248,9 $\pm$ 5,235	
	241	163	261,3 ^a $\pm$ 5,053		257,8 $\pm$ 4,803		269,7 $\pm$ 5,807	
	261	79	230,6 ^b $\pm$ 7,073		239,5 $\pm$ 6,778		230,7 $\pm$ 7,681	
GES	K	352	252,0 $\pm$ 3,759	n.s.	251,1 $\pm$ 3,562	n.s.	254,9 $\pm$ 4,512	n.s.
	W	325	246,0 $\pm$ 3,937		249,6 $\pm$ 3,752		251,1 $\pm$ 4,700	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **=p<0,01, *=p<0 05, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.12: Absetzgewichte (kg) nach 28 d Säugezeit nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	n	Absetzgewichte (kg)	sig ^a
Pietrain	21	318	8,21 $\pm 8,038$	***
	42	112	7,37 $\pm 7,069$	
	142	432	8,03 $\pm 7,878$	
	241	277	8,17 $\pm 7,984$	
	261	186	8,20 $\pm 7,974$	
Duroc	21	148	8,69 $\pm 8,432$	
	42	30	8,88 $\pm 8,306$	
	142	121	8,23 $\pm 7,945$	
	241	147	8,91 $\pm 8,655$	
	261	60	7,90 $\pm 7,489$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001

Tabelle 11.13: Tägliche Zunahmen in der Aufzucht (g) nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	n	Tägliche Zunahmen Aufzucht (g)	sig ^a
Pietrain	21	432	446,8 $\pm 3,455$	n.s.
	42	318	475,4 $\pm 5,822$	
	142	277	460,1 $\pm 2,965$	
	241	186	469,6 $\pm 3,702$	
	261	112	447,6 $\pm 4,518$	
Duroc	21	121	458,5 $\pm 5,065$	
	42	148	503,5 $\pm 11,250$	
	142	147	479,3 $\pm 5,601$	
	241	60	479,7 $\pm 5,082$	
	261	30	470,7 $\pm 7,955$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.14: Tägliche Zunahmen in der Aufzucht (g) nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) sowie unter Berücksichtigung der Kovariaten Geburtsgewicht ($p < 0.001$), Wurfgröße ($p < 0.001$) und abgesetzte Ferkel ($p < 0.001$) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	tägliche Zunahme (g)	sig ^a	Tägliche Zunahme (g; Kovariate Geburtsgewicht)	sig ^a	Tägliche Zunahme (g; Kovariate Wurfgröße)	sig ^a	Tägliche Zunahme (g; Kovariate abges. Ferkel)	sig ^a
VL	Pi	1325	460,3 $\pm 1,894$	***	452,6 $\pm 2,305$	***	452,7 $\pm 2,209$	***	452,6 $\pm 2,209$	***
	Du	506	478,1 $\pm 3,312$		473,4 $\pm 3,076$		473,1 $\pm 3,530$		473,4 $\pm 3,523$	
ML	142	553	469,6 $\pm 3,169$	***	461,6 $\pm 3,213$	**	461,9 $\pm 3,334$	***	461,5 $\pm 3,329$	***
	21	466	452,8 $\pm 3,068$		450,1 $\pm 3,438$		448,6 $\pm 3,002$		448,9 $\pm 3,002$	
	241	424	474,7 $\pm 3,144$		463,8 $\pm 3,174$		464,4 $\pm 3,440$		464,7 $\pm 3,444$	
	261	246	458,9 $\pm 4,604$		460,9 $\pm 4,783$		460,9 $\pm 4,973$		461,2 $\pm 4,995$	
	42	142	490 $\pm 6,361$		478,3 $\pm 6,140$		478,8 $\pm 7,184$		478,7 $\pm 7,206$	
GES	K	885	471,8 $\pm 2,666$	n.s.	463,4 $\pm 2,703$	n.s.	464,2 $\pm 2,854$	n.s.	464,2 $\pm 2,857$	n.s.
	W	946	466,6 $\pm 2,730$		462,4 $\pm 2,741$		461,7 $\pm 3,023$		461,8 $\pm 3,023$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***= $p < 0.001$, **= $p < 0.01$, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.15: Tägliche Zunahmen in der Säugezeit, Aufzucht und Mast, Interaktion Vaterlinie (VL)* Mutterlinie (ML)*Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	Geschlecht	Tägliche Zunahmen Säugezeit	Tägliche Zunahmen Aufzucht	Tägliche Zunahmen Mast
Pietrain	142	männlich	234,1 $\pm 6,086$	458,4 $\pm 4,251$	864,4 $\pm 5,674$
		weiblich	230,9 $\pm 6,321$	461,6 $\pm 4,134$	808,6 $\pm 5,331$
	21	männlich	241,4 $\pm 7,275$	451,9 $\pm 5,098$	842,6 $\pm 6,871$
		weiblich	242,2 $\pm 7,007$	442,4 $\pm 4,697$	790,7 $\pm 6,181$
	241	männlich	245,1 $\pm 6,692$	475,2 $\pm 5,322$	876,7 $\pm 7,274$
		weiblich	245,9 $\pm 6,805$	464,2 $\pm 5,151$	829,8 $\pm 7,035$
	261	männlich	246,5 $\pm 9,623$	452,2 $\pm 6,458$	829,8 $\pm 8,909$
		weiblich	238,7 $\pm 9,516$	443,2 $\pm 6,320$	802,6 $\pm 8,320$
	42	männlich	216,2 $\pm 11,854$	485,9 $\pm 8,986$	868,3 $\pm 13,707$
		weiblich	216,0 $\pm 9,311$	467,8 $\pm 7,641$	796,5 $\pm 11,468$
Duroc	142	männlich	244,7 $\pm 8,311$	476,6 $\pm 8,020$	943,1 $\pm 11,722$
		weiblich	246,8 $\pm 8,107$	481,9 $\pm 7,823$	891,8 $\pm 11,811$
	21	männlich	269,4 $\pm 8,241$	452,3 $\pm 7,210$	927,6 $\pm 9,742$
		weiblich	251,3 $\pm 8,530$	464,6 $\pm 7,113$	890,1 $\pm 9,844$
	241	männlich	272,0 $\pm 7,371$	484,4 $\pm 7,113$	946,4 $\pm 10,795$
		weiblich	261,4 $\pm 7,630$	474,8 $\pm 7,260$	930,4 $\pm 10,864$
	261	männlich	233,8 $\pm 11,112$	475,1 $\pm 10,565$	868,4 $\pm 15,364$
		weiblich	239,6 $\pm 12,519$	465,0 $\pm 12,081$	821,2 $\pm 17,817$
	42	männlich	257,0 $\pm 15,959$	506,2 $\pm 15,400$	885,4 $\pm 23,987$
		weiblich	270,1 $\pm 17,061$	500,4 $\pm 16,464$	963,7 $\pm 25,643$

Tabelle 11.16: Mastdauer (Tage) nach Mutter- (ML) und Vaterlinie (VL), sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Mastdauer (Tage)	sig ^a
VL	Pi	1774	106,1 $\pm$ 0,281	***
	Du	580	98,1 $\pm$ 0,524	
ML	142	743	101,6 $\pm$ 0,482	***
	21	628	103,8 $\pm$ 0,437	
	241	517	99,3 $\pm$ 0,482	
	261	317	105,2 $\pm$ 0,696	
	42	149	100,6 $\pm$ 1,035	
GES	K	1118	99,9 $\pm$ 0,415	***
	W	1236	104,3 $\pm$ 0,426	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001**Tabelle 11.17:** Signifikante Zerlegeleistung der Vaterlinie (VL) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	Fleisch/ Fettverhältnis (1:x)	sig ^a	Schinkenstück (%)	sig ^a	Schinkenanteil (%)	sig ^a	Kamm/ Kotelett (%)	sig ^a
VL	Pi	160	0,33 $\pm$ 0,010	***	22,60 $\pm$ 0,161	***	31,40 $\pm$ 0,111	***	22,81 $\pm$ 0,115	***
	Du	80	0,40 $\pm$ 0,014		21,16 $\pm$ 0,223		30,35 $\pm$ 0,154		21,94 $\pm$ 0,159	
Fester Faktor	Codierung	n	Bug (%)	sig ^a	Anteil wertvoller Teilstück (%)	sig ^a	MFA Bauch (%) Grub	sig ^a	korrigierte Fettfläche (cm ²)	sig ^a
VL	Pi	160	11,27 $\pm$ 0,069	***	56,94 $\pm$ 0,303	***	58,32 $\pm$ 0,381	***	16,87 $\pm$ 0,351	**
	Du	80	10,76 $\pm$ 0,096		54,65 $\pm$ 0,418		55,89 $\pm$ 0,526		18,98 $\pm$ 0,487	
Fester Faktor	Codierung	n	Bauch (%)	sig ^a	Rückenspeckdicke (cm)	sig ^a	Flomen (kg)	sig ^a	Schinkenspeck (cm)	sig ^a
VL	Pi	160	7,39 $\pm$ 0,051	**	2,17 $\pm$ 0,048	**	0,52 $\pm$ 0,017	*	1,63 $\pm$ 0,028	*
	Du	80	7,66 $\pm$ 0,070		2,47 $\pm$ 0,067		0,60 $\pm$ 0,023		1,74 $\pm$ 0,039	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, **=p<0,01, *=p<0,05

Tabelle 11.18: Signifikante Unterschiede zwischen Mutterlinien (ML) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	Schlachtkörperlänge (cm)	sig ^a	korrigierte Fettfläche (cm ²)	sig ^a
ML	142	63	100,67 ^{ab} $\pm 0,414$	***	17,23 ^{ab} $\pm 0,552$	**
	21	52	101,68 ^b $\pm 0,424$		18,26 ^{ab} $\pm 0,571$	
	241	54	101,24 ^b $\pm 0,468$		16,63 ^a $\pm 0,624$	
	261	49	100,34 ^b $\pm 0,484$		17,45 ^{ab} $\pm 0,645$	
	42	22	98,22 ^a $\pm 0,678$		20,07 ^b $\pm 0,904$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, **=p<0,01

Tabelle 11.19: Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	korrigierte Fettfläche (%)	sig ^a	Rückenspeckdicke (cm)	sig ^a	Fleisch/ Fettverhältnis (1:x)	sig ^a	Anteil wertvoller Teilstücke (%)	sig ^a
GES	K	116	18,99 ± 0,427	***	2,44 ± 0,059	**	0,39 ± 0,012	**	55,06 ± 0,368	**
	W	124	16,86 ± 0,422		2,20 ± 0,058		0,34 ± 0,012		56,54 ± 0,363	
Fester Faktor	Codierung	n	Kamm/ Kotelett (%)	sig ^a	MFA Bauch (% Grub)	sig ^a	Schinkenstück (%)	sig ^a		
GES	K	116	22,11 ± 0,140	**	55,99 ± 0,463	**	21,59 ± 0,196	*		
	W	124	22,65 ± 0,138		58,22 ± 0,456		22,16 ± 0,194			

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, **=p<0,01, *=p<0,05

Tabelle 11.20: Signifikante Unterschiede zwischen der Interaktion Vaterlinie (VL)*Geschlecht (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Vaterlinie	Geschlecht	Flomen (kg)	sig ^a	Kamm/Kotelett (%)	sig ^a	Bauchpunkte	sig ^a	Schinkenspeck (cm)	sig ^a
Pietrain	männlich	0,57 $\pm 0,025$	*	22,31 $\pm 0,175$	*	5,18 $\pm 0,223$	*	1,72 $\pm 0,043$	*
	weiblich	0,47 $\pm 0,022$		23,31 $\pm 0,149$		6,47 $\pm 0,191$		1,54 $\pm 0,037$	
Duroc	männlich	0,57 $\pm 0,032$		21,90 $\pm 0,218$		5,51 $\pm 0,278$		1,71 $\pm 0,054$	
	weiblich	0,62 $\pm 0,034$		21,98 $\pm 0,233$		5,65 $\pm 0,296$		1,77 $\pm 0,057$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *=p<0,05

Tabelle 11.21: Signifikante Unterschiede zwischen der Interaktion Vaterlinie (VL)*Mutterlinie (ML)*Geschlecht (GES) in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

VL	ML	Geschlecht	n	Bauchpunkte	sig ^a
Pietrain	142	männlich	23	4,91 $\pm$ 1,593	**
		weiblich	21	6,81 $\pm$ 1,806	
	21	männlich	15	5,53 $\pm$ 1,552	
		weiblich	15	6,53 $\pm$ 1,407	
	241	männlich	18	5,11 $\pm$ 1,676	
		weiblich	22	6,18 $\pm$ 1,181	
	261	männlich	13	4,92 $\pm$ 1,935	
		weiblich	19	6,26 $\pm$ 1,661	
	42	männlich	5	5,40 $\pm$ 2,302	
		weiblich	9	6,56 $\pm$ 1,878	
Duroc	142	männlich	9	7,00 $\pm$ 1,414	**
		weiblich	10	4,90 $\pm$ 1,595	
	21	männlich	10	4,80 $\pm$ 1,814	
		weiblich	12	5,42 $\pm$ 1,379	
	241	männlich	7	5,00 $\pm$ 2,380	
		weiblich	7	6,86 $\pm$ 1,345	
	261	männlich	12	5,75 $\pm$ 1,865	
		weiblich	5	5,60 $\pm$ 2,302	
	42	männlich	4	5,00 $\pm$ 2,160	
		weiblich	4	5,50 $\pm$ 1,732	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **=p<0,01

Tabelle 11.22: Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen in den Schlachtkörperkriterien (LS-means, $\pm$ SEM),

Teilversuch 2

Merkmal	Pietrain					Duroc				
Mutterlinie	142	21	241	261	42	142	21	241	261	42
Schlachtkörperlänge in cm	100,06 $\pm$ 0,453	101,40 $\pm$ 0,548	101,19 $\pm$ 0,477	101,21 $\pm$ 0,540	98,81 $\pm$ 0,837	101,28 $\pm$ 0,689	101,95 $\pm$ 0,642	101,29 $\pm$ 0,802	99,4 $\pm$ 0,799	97,29 $\pm$ 0,878
Rückenspeckdicke (Ø) cm	2,14 $\pm$ 0,082	2,08 $\pm$ 0,100	2,12 $\pm$ 0,087	2,24 $\pm$ 0,098	2,27 $\pm$ 0,152	2,30 $\pm$ 0,126	2,60 $\pm$ 0,117	2,28 $\pm$ 0,146	2,34 $\pm$ 0,145	2,69 $\pm$ 0,160
Fettfläche (korrigiert) in cm²	16,5 $\pm$ 0,602	16,6 $\pm$ 0,728	16,2 $\pm$ 0,634	16,9 $\pm$ 0,717	18,1 $\pm$ 1,112	17,9 $\pm$ 0,916	19,9 $\pm$ 0,871	17,0 $\pm$ 1,065	17,9 $\pm$ 1,061	21,3 $\pm$ 1,167
Fleisch : Fett – Verhältnis 1:	0,31 $\pm$ 0,017	0,33 $\pm$ 0,021	0,32 $\pm$ 0,018	0,33 $\pm$ 0,021	0,34 $\pm$ 0,032	0,36 $\pm$ 0,026	0,42 $\pm$ 0,025	0,37 $\pm$ 0,031	0,39 $\pm$ 0,031	0,43 $\pm$ 0,034
Bauchnote Punkte	5,9 $\pm$ 0,249	6,0 $\pm$ 0,302	5,6 $\pm$ 0,263	5,6 $\pm$ 0,297	6,0 $\pm$ 0,461	5,9 $\pm$ 0,380	5,1 $\pm$ 0,354	5,9 $\pm$ 0,442	5,7 $\pm$ 0,440	5,5 $\pm$ 0,484
Schinkenstück in %	22,6 $\pm$ 0,274	22,8 $\pm$ 0,332	22,5 $\pm$ 0,289	22,5 $\pm$ 0,327	22,6 $\pm$ 0,507	21,8 $\pm$ 0,417	20,7 $\pm$ 0,397	21,4 $\pm$ 0,486	21,5 $\pm$ 0,483	20,6 $\pm$ 0,532
Kamm /Kotelett in %	22,7 $\pm$ 0,196	23,0 $\pm$ 0,237	22,8 $\pm$ 0,206	22,9 $\pm$ 0,233	22,6 $\pm$ 0,362	22,5 $\pm$ 0,298	21,7 $\pm$ 0,283	22,0 $\pm$ 0,347	21,9 $\pm$ 0,345	21,8 $\pm$ 0,380
Bug in %	11,4 $\pm$ 0,118	11,5 $\pm$ 0,142	11,3 $\pm$ 0,124	11,2 $\pm$ 0,140	11,0 $\pm$ 0,218	10,9 $\pm$ 0,179	10,7 $\pm$ 0,167	10,9 $\pm$ 0,208	10,6 $\pm$ 0,208	10,8 $\pm$ 0,228
Wertvolle Teilstücke in %	56,9 $\pm$ 0,513	57,3 $\pm$ 0,621	56,9 $\pm$ 0,540	56,8 $\pm$ 0,612	56,7 $\pm$ 0,948	55,8 $\pm$ 0,781	54,0 $\pm$ 0,728	55,4 $\pm$ 0,909	54,7 $\pm$ 0,905	53,8 $\pm$ 0,996
Bauch in %	7,4 $\pm$ 0,086	7,2 $\pm$ 0,104	7,4 $\pm$ 0,091	7,4 $\pm$ 0,103	7,4 $\pm$ 0,159	7,5 $\pm$ 0,131	7,8 $\pm$ 0,122	7,6 $\pm$ 0,135	7,5 $\pm$ 0,152	7,9 $\pm$ 0,167
Flomen in %	0,51 $\pm$ 0,029	0,51 $\pm$ 0,035	0,49 $\pm$ 0,030	0,55 $\pm$ 0,034	0,53 $\pm$ 0,053	0,56 $\pm$ 0,044	0,61 $\pm$ 0,041	0,55 $\pm$ 0,051	0,64 $\pm$ 0,051	0,58 $\pm$ 0,056

Tabelle 11.23: Korrelationen zwischen den Parametern der Ergebnisse im Teilversuch 2

Parameter		Schlacht- gewicht	MFA	Fleisch: Fettver- hältnis	Kotelett- anteil	Schinken- anteil	Rücken- speck	Schinken- speck	großes Eisbein	kleines Eisbein	Anteil wertvoller Teilstücke	Muskel- fleischanteil Bauch	Fleischanteil
Lebend- tagzu- nahme	r	0,305	-0,142	0,215	-0,147	-0,255	0,262	0,273	0,226	0,089	-0,231	-0,233	-0,174
	p<	0,001	0,110	0,016	0,099	0,05	0,05	0,01	0,01	0,320	0,01	0,01	0,051
	n	127	127	126	126	126	127	127	127	127	127	127	126
Schlacht- gewicht	r		0,018	0,030	-0,005	-0,025	0,191**	0,274**	0,394**	0,372**	0,064	-0,044	0,206**
	p<		0,777	0,641	0,939	0,701	0,003	0,000	0,000	0,000	0,327	0,493	0,001
	n		240	237	239	239	240	240	240	240	240	240	239
MFA	r			-0,910**	0,834**	0,667**	-0,817**	-0,744**	-0,313**	-0,120	0,869**	0,918**	0,812**
	p<			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000
	n			237	239	239	240	240	240	240	240	240	239
Fleisch: Fettver- hältnis	r				-0,836**	-0,709**	0,884**	0,816**	0,321**	0,160*	-0,931**	-0,965**	-0,811**
	p<				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000
	n				237	237	237	237	237	237	237	237	237
Kotelett- anteil	r					0,480**	-0,717**	-0,758**	-0,321**	-0,142*	0,834**	0,838**	0,787**
	p<					0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000
	n					239	239	239	239	239	239	239	239
Schinken- anteil	r						-0,690**	-0,500**	-0,296**	-0,244**	0,710**	0,735**	0,628**
	p<						0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	n						239	239	239	239	239	239	239
Rücken- speck	r							0,839**	0,344**	0,224**	-0,869**	-0,902**	-0,612**
	p<							0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	n							240	240	240	240	240	239
Schinken- speck	r								0,338**	0,268**	-0,820**	-0,829**	-0,583**
	p<								0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	n								240	240	240	240	239
großes Eisbein	r									0,701**	-0,251**	-0,364**	-0,319**
	p<									0,000	0,000	0,000	0,000
	n									240	240	240	239
kleines Eisbein	r										-0,123	-0,199**	-0,185**
	p<										0,056	0,002	0,004
	n										240	240	239
Anteil wertvoller Teilstücke	r											0,929**	0,820**
	p<											0,000	0,000
	n											240	239
Muskel- fleischanteil Bauch	r												0,822**
	p<												0,000
	n												239

Tabelle 11.24: Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Kotelettproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer nach Genotyp (LS-means, $\pm$ SEM)

Vaterlinie	Mutterlinie	TSV 3 d p.m.	TSV 6 d p.m.	TSV 8 d p.m.
Pietrain	142	2,71 $\pm 0,274$	4,29 $\pm 0,312$	4,72 $\pm 0,388$
	21	3,39 $\pm 0,368$	4,21 $\pm 0,435$	5,28 $\pm 0,532$
	241	3,79 $\pm 0,395$	4,76 $\pm 0,402$	5,53 $\pm 0,491$
	261	3,11 $\pm 0,545$	3,86 $\pm 0,507$	4,43 $\pm 0,620$
	42	5,95 $\pm 0,823$	6,22 $\pm 0,814$	6,63 $\pm 0,995$
Duroc	142	1,97 $\pm 0,428$	2,79 $\pm 0,506$	3,69 $\pm 0,618$
	21	1,95 $\pm 0,325$	3,11 $\pm 0,375$	4,11 $\pm 0,459$
	241	1,68 $\pm 0,380$	2,48 $\pm 0,425$	2,97 $\pm 0,525$
	261	1,76 $\pm 0,514$	2,88 $\pm 0,575$	3,46 $\pm 0,703$
	42	1,85 $\pm 0,823$	2,44 $\pm 0,923$	2,25 $\pm 1,129$

Tabelle 11.25: Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Nackenproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	114	1,34 $\pm 0,096$	***	129	2,00 $\pm 0,112$	***	129	2,38 $\pm 0,129$	***
	Du	92	0,59 $\pm 0,101$		101	1,05 $\pm 0,126$		101	1,21 $\pm 0,146$	
ML	142	64	0,87 $\pm 0,107$	n.s.	68	1,31 $\pm 0,139$	n.s.	68	1,75 $\pm 0,160$	n.s.
	21	56	1,22 $\pm 0,106$		58	1,74 $\pm 0,137$		58	2,07 $\pm 0,159$	
	241	47	0,84 $\pm 0,188$		56	1,37 $\pm 0,140$		56	1,55 $\pm 0,161$	
	261	29	0,85 $\pm 0,148$		35	1,56 $\pm 0,183$		35	1,75 $\pm 0,211$	
	42	10	1,18 $\pm 0,251$		13	1,64 $\pm 0,294$		13	1,85 $\pm 0,340$	
GES	K	118	0,98 $\pm 0,089$	n.s.	132	1,54 $\pm 0,109$	n.s.	132	1,78 $\pm 0,126$	n.s.
	W	88	1,01 $\pm 0,107$		98	1,51 $\pm 0,129$		98	1,81 $\pm 0,148$	

sig^a=Signifikanz des Einflusses ***=p<0,001, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.26: Tropfsaftverlust in der SB-Schale für Oberschalenproben (%) nach unterschiedlicher Lagerungsdauer nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	114	3,42 $\pm$ 0,172	***	129	5,15 $\pm$ 0,201	***	129	5,54 $\pm$ 0,207	***
	Du	92	2,11 $\pm$ 0,180		101	3,35 $\pm$ 0,227		101	3,70 $\pm$ 0,234	
ML	142	64	2,74 $\pm$ 0,191	n.s.	68	4,27 $\pm$ 0,249	n.s.	68	4,66 $\pm$ 0,256	n.s.
	21	56	2,69 $\pm$ 0,189		58	4,18 $\pm$ 0,247		58	4,78 $\pm$ 0,254	
	241	47	2,87 $\pm$ 0,211		56	4,15 $\pm$ 0,252		56	4,55 $\pm$ 0,259	
	261	29	2,36 $\pm$ 0,264		35	4,02 $\pm$ 0,330		35	4,21 $\pm$ 0,339	
	42	10	3,16 $\pm$ 0,448		13	4,63 $\pm$ 0,530		13	4,90 $\pm$ 0,545	
GES	K	118	2,94 $\pm$ 0,159	n.s.	132	4,50 $\pm$ 0,197	n.s.	132	5,05 $\pm$ 0,202	*
	W	88	2,59 $\pm$ 0,191		98	4,00 $\pm$ 0,231		98	4,19 $\pm$ 0,238	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.27: Korrelationen zwischen den Tropfsaftverlusten der Teilstücke Kotelett, Nacken und Oberschale nach unterschiedlicher Lagerungsdauer

Kriterium		TSV Schale 3 d p.m. Oberschale	TSV Schale 3 d p.m. Kotelett	TSV Schale 6 d p.m. Nacken	TSV Schale 6 d p.m. Oberschale	TSV Schale 6 d p.m. Kotelett	TSV Schale 8 d p.m. Nacken	TSV Schale 8 d p.m. Oberschale	TSV Schale 8 d p.m. Kotelett
TSV Schale 3 d p.m. Nacken	r p< n	0,446 0,001 204	0,548 0,001 202	0,618 0,001 204	0,437 0,001 204	0,500 0,001 202	0,613 0,001 204	0,388 0,001 204	0,426 0,001 200
TSV Schale 3 d p.m. Oberschale	r p< n		0,591 0,001 202	0,328 0,001 204	0,638 0,001 204	0,457 0,001 202	0,326 0,001 204	0,589 0,001 204	0,412 0,001 200
TSV Schale 3 d p.m. Kotelett	r p< n			0,341 0,001 202	0,517 0,001 202	0,753 0,001 202	0,329 0,001 202	0,419 0,001 202	0,703 0,001 200
TSV Schale 6 d p.m. Nacken	r p< n				0,455 0,001 228	0,515 0,001 226	0,637 0,001 228	0,297 0,001 228	0,389 0,001 223
TSV Schale 6 d p.m. Oberschale	r p< n					0,583 0,001 226	0,407 0,001 228	0,688 0,001 228	0,512 0,001 223
TSV Schale 6 d p.m. Kotelett	r p< n						0,472 0,001 226	0,463 0,001 226	0,727 0,001 223
TSV Schale 8 d p.m. Nacken	r p< n							0,373 0,001 228	0,39 0,001 223
TSV Schale 8 d p.m. Oberschale	r p< n								0,396 0,001 223

Tabelle 11.28: Korrelationen zwischen den Fleischhelligkeitswerten (Opto-Star), Teilversuch 1

Parameter		Helligkeit Nacken 6 d p.m.	Helligkeit Nacken 8 d p.m.	Helligkeit Oberschale 3 d p.m.	Helligkeit Oberschale 6 d p.m.	Helligkeit Oberschale 8 d p.m.	Helligkeit Kotelett 3 d p.m.	Helligkeit Kotelett 6 d p.m.	Helligkeit Kotelett 8 d p.m.
Helligkeit Nacken 3 d p.m.	r p< n	0,499 0,001 206	0,460 0,001 198	0,558 0,001 208	0,351 0,001 205	0,478 0,001 198	0,539 0,001 206	0,440 0,001 203	0,471 0,001 195
Helligkeit Nacken 6 d p.m.	r p< n		0,611 0,001 216	0,288 0,000 207	0,380 0,001 224	0,414 0,001 216	0,325 0,001 207	0,494 0,001 222	0,394 0,001 211
Helligkeit Nacken 8 d p.m.	r p< n			0,283 0,001 199	0,301 0,001 215	0,401 0,001 215	0,274 0,001 199	0,448 0,001 213	0,526 0,001 211
Helligkeit Oberschale 3 d p.m.	r p< n				0,346 0,001 206	0,438 0,001 199	0,617 0,001 208	0,432 0,001 204	0,427 0,001 196
Helligkeit Oberschale 6 d p.m.	r p< n					0,514 0,001 217	0,325 0,001 207	0,420 0,001 223	0,339 0,001 211
Helligkeit Oberschale 8 d p.m.	r p< n						0,350 0,001 200	0,522 0,001 214	0,547 0,001 211
Helligkeit Kotelett 3 d p.m.	r p< n							0,543 0,001 207	0,596 0,001 199
Helligkeit Kotelett 6 d p.m.	r p< n								0,687 0,001 211

Tabelle 11.29: Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Nacken nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	121	51,93 $\pm$ 1,161	n.s.	127	53,04 $\pm$ 0,962	*	118	54,83 $\pm$ 0,972	*
	Du	87	51,61 $\pm$ 1,334		98	49,55 $\pm$ 1,095		98	51,65 $\pm$ 1,071	
ML	142	65	53,14 $\pm$ 1,433	n.s.	66	53,23 $\pm$ 1,237	n.s.	65	54,34 $\pm$ 1,213	n.s.
	21	55	53,04 $\pm$ 1,389		56	52,38 $\pm$ 1,199		50	52,83 $\pm$ 1,283	
	241	49	49,97 $\pm$ 1,473		56	49,27 $\pm$ 1,199		56	51,39 $\pm$ 1,173	
	261	28	52,94 $\pm$ 1,967		34	51,30 $\pm$ 1,585		32	53,79 $\pm$ 1,575	
	42	11	49,75 $\pm$ 3,086		13	50,28 $\pm$ 2,523		13	53,85 $\pm$ 2,469	
GES	K	115	50,74 $\pm$ 1,184	n.s.	127	50,62 $\pm$ 0,954	n.s.	120	52,86 $\pm$ 0,954	n.s.
	W	93	52,79 $\pm$ 1,313		98	51,97 $\pm$ 1,102		96	53,62 $\pm$ 1,087	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.30 Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Oberschale nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	122	47,08 $\pm$ 0,968	n.s.	126	47,89 $\pm$ 1,008	n.s.	118	48,48 $\pm$ 0,943	n.s.
	Du	88	48,07 $\pm$ 1,114		100	49,51 $\pm$ 1,136		100	48,42 $\pm$ 1,034	
ML	142	65	48,61 $\pm$ 1,198	n.s.	67	49,02 $\pm$ 1,248	n.s.	66	49,29 $\pm$ 1,136	n.s.
	21	55	49,12 $\pm$ 1,162		56	48,28 $\pm$ 1,253		50	48,64 $\pm$ 1,249	
	241	50	48,40 $\pm$ 1,221		56	48,20 $\pm$ 1,253		56	48,51 $\pm$ 1,142	
	261	29	49,57 $\pm$ 1,633		34	49,91 $\pm$ 1,657		33	50,42 $\pm$ 1,521	
	42	11	42,18 $\pm$ 2,581		13	48,11 $\pm$ 2,638		13	45,37 $\pm$ 2,403	
GES	K	117	46,46 $\pm$ 0,985	n.s.	129	47,52 $\pm$ 0,987	n.s.	122	47,02 $\pm$ 0,916	*
	W	93	48,70 $\pm$ 1,098		97	49,88 $\pm$ 1,153		96	49,87 $\pm$ 1,058	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, *=p<0,05, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.31: Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) 3-8 d p.m. Teilstück Kotelett nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 1

Fester Faktor	Codierung	n	3 d p.m.	sig ^a	n	6 d p.m.	sig ^a	n	8 d p.m.	sig ^a
VL	Pi	128	45,00 $\pm$ 0,984	n.s.	125	46,18 $\pm$ 0,864	n.s.	114	45,57 $\pm$ 0,957	n.s.
	Du	90	46,25 $\pm$ 1,128		98	45,57 $\pm$ 0,981		98	45,26 $\pm$ 1,052	
ML	142	70	45,22 $\pm$ 1,214	**	64	46,01 $\pm$ 1,115	n.s.	61	46,00 $\pm$ 1,204	n.s.
	21	56	49,53 $\pm$ 1,176		56	46,34 $\pm$ 1,074		50	46,77 $\pm$ 1,261	
	241	51	43,86 $\pm$ 1,239		56	44,54 $\pm$ 1,074		56	43,84 $\pm$ 1,152	
	261	30	48,07 $\pm$ 1,634		34	47,13 $\pm$ 1,420		32	45,41 $\pm$ 1,548	
	42	11	41,45 $\pm$ 2,636		13	45,35 $\pm$ 2,260		13	45,04 $\pm$ 2,425	
GES	K	126	44,26 $\pm$ 0,986	n.s.	127	44,66 $\pm$ 0,850	n.s.	118	44,19 $\pm$ 0,934	n.s.
	W	92	46,99 $\pm$ 1,126		96	47,09 $\pm$ 0,992		94	46,64 $\pm$ 1,073	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, **= $p < 0,01$, n.s. = nicht signifikant

Tabelle 11.32: Ergebnisse der Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) am Kotelettanschnitt, Teilversuch 2

Kriterium	n	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Helligkeit Kotelett	240	70,45	5,71	51,00	87,00

Tabelle 11.33: Fleischhelligkeitsmessung (Opto-Star) am Kotelettanschnitt nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM), Teilversuch 2

Fester Faktor	Codierung	n	Farbe	sig ^a
VL	Pi	160	70,08 $\pm$ 0,503	n.s.
	Du	80	71,27 $\pm$ 0,695	
ML	142	63	70,63 $\pm$ 0,789	n.s.
	21	52	71,51 $\pm$ 0,808	
	241	54	69,81 $\pm$ 0,893	
	261	49	70,40 $\pm$ 0,922	
	42	22	71,02 $\pm$ 1,293	
GES	K	116	70,99 $\pm$ 0,610	n.s.
	W	124	70,36 $\pm$ 0,602	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.34: Tägliche Zunahmen in der Mast (g) und Muskelfleischanteil (%) der Tiere, für die der IMF-Gehalt ermittelt wurde. Auswertung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	IMF (%)	sig ^a	n	Tägliche Zunahmen Mast (g)	sig ^a	n	MFA (%)	sig ^a
VL	Pi	153	1,52 $\pm$ 0,045	***	160	843,1 $\pm$ 8,835	**	160	56,78 $\pm$ 0,301	***
	Du	80	1,85 $\pm$ 0,061		78	896,3 $\pm$ 12,219		80	54,42 $\pm$ 0,417	
ML	142	61	1,65 $\pm$ 0,070	n.s.	62	866,7 $\pm$ 13,793	*	63	56,05 $\pm$ 0,473	n.s.
	21	51	1,74 $\pm$ 0,071		52	845,6 $\pm$ 13,805		52	55,52 $\pm$ 0,484	
	241	53	1,66 $\pm$ 0,078		55	894,1 $\pm$ 14,900		54	55,78 $\pm$ 0,535	
	261	47	1,55 $\pm$ 0,082		49	836,2 $\pm$ 15,803		49	55,8 $\pm$ 0,553	
	42	21	1,82 $\pm$ 0,114		20	905,8 $\pm$ 23,841		22	54,84 $\pm$ 0,775	
GES	K	114	1,73 $\pm$ 0,054	n.s.	113	901,9 $\pm$ 11,099	***	116	54,86 $\pm$ 0,366	**
	W	119	1,64 $\pm$ 0,053		125	837,5 $\pm$ 10,206		124	56,33 $\pm$ 0,361	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, **=p<0,01, *=p<0,05, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.35: Tägliche Zunahmen in der Mast (g) und Muskelfleischanteil (%) der Tiere, die für die histochemischen Untersuchungen ausgewählt wurden. Auswertung nach Mutter (ML)- und Vaterlinie (VL) sowie Geschlecht (GES) (LS-means, $\pm$ SEM)

Fester Faktor	Codierung	n	Tägliche Zunahmen Mast (g)	sig ^a	MFA (%)	sig ^a
VL	Pi	105	847,8 $\pm$ 9,127	*	59,3 $\pm$ 0,370	***
	Du	25	903,1 $\pm$ 21,234		53,7 $\pm$ 0,861	
ML	21	43	866,6 $\pm$ 12,504	n.s.	55,9 $\pm$ 0,507	n.s.
	42	11	874,7 $\pm$ 22,387		58,3 $\pm$ 0,908	
	142	39	908,6 $\pm$ 23,473		57,4 $\pm$ 0,952	
	241	25	867,1 $\pm$ 26,748		58,9 $\pm$ 1,085	
	261	12	837,2 $\pm$ 25,813		55,6 $\pm$ 1,047	
GES	K	66	886,8 $\pm$ 13,109	n.s.	55,4 $\pm$ 0,532	***
	W	64	852,3 $\pm$ 16,058		58,7 $\pm$ 0,652	

sig^a=Signifikanz des Einflusses, ***=p<0,001, *=p<0,05, n.s. =nicht signifikant

Tabelle 11.36: Korrelationen zwischen den pH-Werten sowie Anteil und Größe der verschiedenen Muskelfasertypen, Teilversuch 1

Parameter		Anteil rote Fasern	Anteil intermediäre Fasern	Anteil weiße Fasern	Durchmesser einzelne Faser	pH 1 Kotelett	pH 1 Schinken	pH 3 h p.m. Kotelett	pH 3 h p.m. Schinken	pH 6 h p.m. Kotelett	pH 6 h p.m. Schinken	pH end Kotelett	pH end Schinken
Fleischmass	r	-0,208	0,048	-0,012	0,241	-0,015	-0,256	-0,030	0,151	0,127	-0,035	0,122	0,110
	p<	0,05	0,591	0,889	0,01	0,879	0,05	0,816	0,227	0,304	0,776	0,177	0,221
	n	128	129	129	129	112	107	64	66	68	68	123	125
Anteil rote Fasern	r		-0,101	-0,368	-0,146	0,096	0,419	-0,131	-0,115	-0,015	0,096	-0,161	-0,224
	p<		0,257	0,001	0,099	0,320	0,001	0,301	0,357	0,906	0,435	0,077	0,013
	n		128	128	128	110	105	64	66	68	68	121	123
Anteil intermediäre Fasern	r			0,021	0,099	0,049	-0,007	0,287	0,166	0,111	0,155	0,209	0,164
	p<			0,814	0,262	0,607	0,943	0,05	0,184	0,368	0,207	0,021	0,068
	n			129	129	111	106	64	66	68	68	122	124
Anteil weiße Fasern	r				-0,156	-0,054	-0,113	0,280	0,148	0,189	0,278	0,189	0,365
	p<				0,077	0,576	0,247	0,05	0,237	0,122	0,05	0,05	0,001
	n				129	111	106	64	66	68	68	122	124
Durchmesser einzelne Faser	r					-0,043	-0,237	0,185	0,145	0,220	-0,030	-0,036	0,000
	p<					0,654	0,01	0,144	0,246	0,071	0,808	0,693	0,998
	n					111	106	64	66	68	68	122	124

Tabelle 11.37: Korrelationen zwischen ausgewählten Parametern der Schlachtleistung und histochemischen Parametern, Teilversuch 1

Parameter		Speck- maß	Reflex- ions- wert	Muskel- fleisch- anteil	Schlacht- gewicht	Fläche rote Fasern	Anteil rote Fasern	Faser- durch- messer rot	Fläche inter- mediäre Fasern	Anteil inter- mediäre Fasern	Faserdurch- messer intermediäre Faser	Fläche weiße Fasern	Anteil weiße Fasern	Faser- durch- messer weiße Fasern	Durch- messer einzelne Faser
Fleischmaß	r	-0,536	-0,028	0,766	0,090	-0,194	-0,208	0,140	0,048	0,048	0,116	-0,012	-,0012	0,104	0,241
	p<	0,001	0,753	0,000	0,308	0,05	0,05	0,113	0,591	0,591	0,192	0,889	0,889	0,239	0,01
	n	130	130	130	130	129	128	129	129	129	129	129	129	129	129
Speckmaß	r		0,129	-0,953	-0,112	0,124	0,137	-0,385	-0,112	-0,112	-0,122	0,060	0,060	-0,008	-0,237
	p<		0,143	0,001	0,206	0,160	0,122	0,001	0,207	0,207	0,169	0,501	0,501	0,931	0,01
	n		130	130	130	129	128	129	129	129	129	129	129	129	129
Reflexions- wert	r			-0,107	-0,003	0,110	0,115	-0,038	-0,069	-0,069	0,016	-0,187	-0,187	-0,184	-0,036
	p<			0,224	0,969	0,215	0,198	0,672	0,436	0,436	0,856	0,05	0,05	0,05	0,682
	n			130	130	129	128	129	129	129	129	129	129	129	129
Muskel- fleischanteil	r				0,117	-0,163	-0,177	0,340	0,102	0,102	0,132	-0,050	-0,050	0,042	0,264
	p<				0,186	0,066	0,05	0,001	0,249	0,249	0,134	0,575	0,575	0,637	0,01
	n				130	129	128	129	129	129	129	129	129	129	129
Schlacht- gewicht	r					-0,035	-0,051	0,130	-0,054	-0,054	0,090	0,046	0,046	-0,055	0,047
	p<					0,691	0,571	0,142	0,543	0,543	0,310	0,605	0,605	0,534	0,597
	n					129	128	129	129	129	129	129	129	129	129

Tabelle 11.38: Korrelationen zwischen den Parametern des Wasserbindungsvermögens (SB-Schale) und dem Anteil der verschiedenen Muskelfasertypen

Parameter		Anteil rote Fasern (%)	Anteil intermediäre Fasern (%)	Anteil weiße Fasern (%)
TSV Nacken 3 d p.m.	r p< n	-0,564 0,001 31	-0,197 0,288 31	0,597 0,001 31
TSV Oberschale 3 d p.m.	r p< n	-0,294 0,108 31	-0,070 0,708 31	0,299 0,102 31
TSV Lachs 3 d p.m.	r p< n	-0,392 0,05 31	-0,352 0,052 31	0,496 0,01 31
TSV Nacken 6 d p.m.	r p< n	-0,203 0,214 39	-0,030 0,855 39	0,205 0,211 39
TSV Oberschale 6 d p.m.	r p< n	-0,212 0,194 39	-0,014 0,930 39	0,207 0,205 39
TSV Lachs 6 d p.m.	r p< n	-0,206 0,207 39	-0,257 0,114 39	0,293 0,070 39
TSV Nacken 6 d p.m.	r p< n	-0,254 0,118 39	0,011 0,947 39	0,238 0,145 39
TSV Oberschale 6 d p.m.	r p< n	-0,008 0,959 39	0,034 0,836 39	-0,005 0,977 39
TSV Lachs 6 d p.m.	r p< n	-0,233 0,153 39	-0,109 0,511 39	0,262 0,107 39

11.2 Verwendete Materialien

11.2.1 Bestimmung der Muskelfasern

Arbeitsschritte der Färbung:

1. Gefrierschnitte bei Raumtemperatur liegen lassen	5 min
2. Fixierung in 4 % - Formaldehyd	20 min
3. 2-mal Spülen in Aq. Dest.	2 x 5 min
4. Objektträger um Schnitte herum abtrocknen	
5. Diaphorase – Medium pH 7,2	
direkt auf Schnitte aufträufeln und bei 37 °C inkubieren	60 min
6. Spülen in Aq. Dest.	30 min
7. Saure Präinkubation pH 4,2	8 min
8. 2-mal Waschen in Tris – CaCl ₂	2 x 1 min
9. Inkubationslösung bei 37°C	60 min
10. 3-mal Waschen in CaCl ₂	3 x 30 s
11. Kobaltchloridlösung	3 min
12. Spülen in Aq. Dest.	3 min
13. Ammoniumsulfidlösung	1 x 45 s
14. Spülen unter fließendem Leitungswasser	5 min
15. Spülen in Aq. Dest.	5 min
16. Einbetten in Glyzeringelatine	

Verwendete Puffer und Lösungen

Fixierung in 4% Formaldehyd:

4% Formaldehyd in Aq. Dest. Verdünnen (10,8 ml Formaldehyd 89,2 ml Aq. Dest.)

Tris-Kalziumchlorid (1. Waschlösung) pH 7,8:

1,21 g Tris

10 ml 0,18 molare Kalziumchloridlösung

Ad 100 ml Aq. Bidest

Bei Raumtemperatur pH 7,8 einstellen

Diaphorase-Medium

8 mg NaDH (-20°C)

1,6 ml Phosphatpuffer

4,4 ml Aq. Dest.

2 mg Nitro-Blue-Tetrazolium

Saure Präinkubationslösung pH 4,2

10 ml 0,18 molare Kalziumchloridlösung

0,3 ml Eisessig

Ad 100 ml Aq. Bidest

Bei Raumtemperatur pH 4,2 einstellen

Kalziumchloridlösung (2. Waschlösung)

1 g $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ad 100 ml Aq. Bidest

Kobaltchloridlösung 2 %

2 g CoCl_2 ad 100 ml Aq. Bidest

Unmittelbar vor Gebrauch herstellen

Ammoniumsulfidlösung 1%

1 ml $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ad 100 ml Aq. Bidest

Unmittelbar vor Gebrauch herstellen

Inkubationslösung pH 9,4

10 ml 0,8 molare Kalziumchloridlösung

370 mg KCl ($M = 75 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

152 mg ATP – Salz ($M = 551 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Ad 100 ml Glyzinpuffer

Bei 37°C pH 9,4 einstellen

Glyzinpuffer pH 9,4

125 ml Glyzinlösung

42 ml NaOH ($0,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$)

Ad 500 ml Aq. Bidest

Bei Raumtemperatur pH 9,4 einstellen

Glyzinlösung

7,51 g Glyzin ad 250 ml Aq. Bidest

NaOH $0,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

8 g NaOH ad 500 ml Aq. Bidest

NaOH $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

10 g NaOH ad 250 ml Aq. Bidest

CaCl – Lösung $0,18 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

9,99 g $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ad 500 ml Aq. Bidest

HCl $3 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

54 ml HCl (37%) ad 500 ml Aq. Bidest

11.2.2 Bestimmung der Adipozytenfläche im M. spinalis

Verwendete Reagenzien

Formaldehyd 3,7 %

37% Formaldehyd 1 : 10 mit Aq. Bidest verdünnen

Oil – Red O Stammlösung

500 mg Oil Red O in
 100 ml 60 % Triethylphosphat
 Gebrauchslösung
 12 ml Oil Red Stammlösung
 8 ml Wasser

Arbeitsschritte der Färbung

- | | |
|---|-------------|
| 1. Gefrierschnitte lufttrocknen | 5 min |
| 2. in 3 7 % Formaldehyd | 30 min |
| 3. Waschen in Aq. Bidest | 3 x 30 sec. |
| 4. Oil Red Gebrauchslösung | 60 min |
| 5. Waschen in Aq. Bidest | 3 x 30 sec |
| 6. Gegenfärben mit Hämatoxylin | 30 sec |
| 7. Spülen unter fließendem Leitungswasser | ca. 5 min |
| 8. Kurz in Aq. Bidest abspülen | |
| 9. Eindecken in Aquatex | |

12. DANKSAGUNG

Bedanken möchte ich mich bei Frau Priv. Doz. Dr. Ulrike Weiler für die ausführliche und geduldige Betreuung dieser Arbeit, das gute Arbeitsklima und dafür, dass Sie trotz knapper Zeit für mich verfügbar waren!

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Jörn Bennewitz sowie bei Herrn Dr. Wolfgang Branscheid für die Übernahme der Korrekturen.

Für die finanzielle Unterstützung sei der CMA und German Genetic/SZV für die Bereitstellung der Genetik sowie die Finanzierung des Zuchtversuches gedankt. Ebenso bedanke ich mich bei Wolfgang Rumpp für die unkomplizierte Hilfe.

Ein Dank geht an die Ulmer Fleisch GmbH, die das Projekt ebenfalls finanziell unterstützt und den Versuchsaufbau bereitgestellt hat. Hierbei geht ein persönlicher Dank an Herrn Rolf Michelberger. Bedanken möchte ich mich auch bei Robert Albenstetter und Alexander Kohls für die gute Zusammenarbeit bei den sensorischen Untersuchungen.

Ein weiteres Dankeschön geht an die Mitarbeiter der LSZ Boxberg, insbesondere an Herrn Dr. Peter Grün, Barbara Kessler, Günther Lenkner, Dr. Bernhard Zacharias und Franz Solf mit seinem Team für die Betreuung der Tiere und die Durchführung der Schlachtung in Forchheim sowie die Datenaufbereitung.

Ein herzlicher Dank geht an meine Mitarbeiter bei der Gesellschaft für Lebensmittelsicherheit für die tolle Unterstützung und das Verständnis. Ein besonderer Dank geht an Claudia Semle und Tanja Nefzger ohne deren Unterstützung die Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Ein Dank geht an Helga Hägele und Carmen Ostertag für die Betreuung der histologischen Untersuchungen, an Birgit Deininger und Jan Schmid.

Für die Unterstützung in jeglicher Hinsicht während der Anfertigung der Arbeit bedanke ich mich bei Alex, Isabel, Glenn, Barbara und Willy, Sabine, Fips und besonders bei Sandy, die mit ihren Layout-Kenntnissen eine große Hilfe war.

Ein besonderes Dankeschön an meine Eltern und Nico, die mir immer unterstützend zur Seite standen und viel Verständnis aufgebracht haben. Und nicht zu vergessen an Nele, fürs da sein!

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Anna Fecke
Geburtsdatum: 22.März 1983
Geburtsort: Stuttgart
Eltern: Franz-Josef Fecke, Vertriebsingenieur
Sabine Fecke, Unternehmerin

Schul Ausbildung

1989-1993 Grundschule Österfeldschule, Stuttgart-Vaihingen
1993-2002 Fanny-Leicht-Gymnasium, Stuttgart-Vaihingen

Akademische Ausbildung

2002-2005 Georg-Augustus-Universität Göttingen, „Bachelor of Science“ in
Allgemeine Agrarwissenschaften
2005-2006 Universität Hohenheim, „Master of Science“ in Allgemeine
Agrarwissenschaften

Berufstätigkeit

2006-2012 Prokuristin und Projektleiterin, Gesellschaft für
Lebensmittelsicherheit mbH
2013-heute Feneberg Lebensmittel GmbH, Leitung Qualitätssicherung und
Vertragslandwirtschaft

Praktika

2003 8-wöchiges Praktikum beim Pferdezüchterverband Baden-
Württemberg, Stuttgart
2004 3-monatiges Praktikum auf der Versuchsstation 401 für
Nutztierbiologie und ökologischen Landbau, Universität
Hohenheim
2005 8-wöchiges Praktikum beim Pferdeausbildungsbetrieb
Hainholzhof, Göttingen

Erklärung

Die Dissertation wurde von mir selbstständig angefertigt. Es wurden nur die angegebenen Quellen als Hilfsmittel benutzt, wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen wurden als solche gekennzeichnet. Es wurde keine Hilfe von einer kommerziellen Promotionsvermittlung oder -beratung in Anspruch genommen.

Stuttgart-Hohenheim, den 10.05.2013