

Untersuchungen zur genetischen und phänotypischen Variabilität der
Schwanzlänge bei neugeborenen Ferkeln

Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III
Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Geowissenschaften und Informatik
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Herrn M.Sc. Kunze, Thomas
Geb. am 27. November 1989 in Stollberg/ Erzgeb.

Gutachter: Prof. Dr. Hermann Swalve
Prof. Dr. Martin Wähner
Prof. Dr. Steffen Hoy

Datum der Verteidigung: 19. Dezember 2022

Gefördert durch die
H. Wilhelm Schaumann Stiftung

Inhalt

Tabellenverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
2 Literatur	2
2.1 Anatomie des Schwanzes beim Tier	2
2.2 Bedeutung des Schwanzes beim Tier	4
2.3 Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel	5
2.4 Einflüsse auf die Schwanzlänge der Ferkel.....	8
2.5 Anomalien des Schwanzes beim Schwein	9
2.5.1 Beschreibung von Anomalien des Schwanzes	9
2.5.2 Frequenz des Auftretens von Anomalien des Schwanzes	12
2.5.3 Schwanzlänge von Ferkeln beim Auftreten von Anomalien des Schwanzes ..	12
2.6 Anzahl der Wirbel beim Schwein	12
2.7 Weitere Körpermerkmale neugeborener Ferkel.....	13
2.7.1 Durchmesser des Schwanzes.....	13
2.7.2 Körperlänge.....	13
2.7.3 Geburtsgewicht.....	15
2.8 Korrelationen zwischen der Schwanzlänge und weiteren Körpermerkmalen beim Schwein	17
2.9 Brachyury und Anury beim Tier	18
2.10 Schwanzlängen bei anderen Tierarten.....	20
2.10.1 Schwanzlänge bei Schafen	20
2.10.2 Schwanzlänge bei Mäusen	23
2.10.3 Schwanzlänge bei Hunden	24
2.10.4 Schwanzlänge bei Katzen.....	26
2.10.5 Schwanzlänge bei Rindern	28
2.11 Verfahren der Sonographie – Ultraschall.....	28
2.11.1 Prinzip und Funktionsweise des Verfahrens	29
2.11.2 Darstellung knöcherner Strukturen mit Ultraschall	30

3	Material und Methode	32
3.1	Untersuchungsort	32
3.1.1	Datenerhebungen unter den Bedingungen der Reinzucht	32
3.1.2	Datenerhebungen unter den Bedingungen der Kreuzungszucht	32
3.2	Untersuchungszeitraum und Tierbestand	33
3.2.1	Häufigkeiten der Probennahme	33
3.2.1.1	Probennahme bei Reinzuchttieren.....	33
3.2.1.2	Probennahme bei Kreuzungstieren.....	33
3.2.2	Kategorisierung der Ferkel.....	34
3.2.2.1	Kategorisierung der Reinzuchttiere.....	34
3.2.2.2	Kategorisierung der Kreuzungstiere.....	35
3.2.3	Häufigkeiten des Einsatzes der Sauen.....	35
3.2.3.1	Einsatz der Sauen bei Reinzuchttieren	35
3.2.3.2	Herkunft der Kreuzungsferkel im Ferkelerzeugungsbetrieb	36
3.2.4	Kategorisierung der Herkunftswürfe der Ferkel	36
3.2.4.1	Herkunftswürfe bei Reinzuchttieren	36
3.2.4.2	Herkunftswürfe bei Kreuzungstieren	36
3.2.5	Häufigkeiten des Einsatzes der Eber.....	37
3.2.5.1	Einsatz der Eber bei Reinzuchttieren	37
3.2.5.2	Einsatz der Eber bei Kreuzungstieren	37
3.3	Erfasste Körpermerkmale.....	38
3.4	Verwendete Hilfsmittel und Techniken für die Datenerfassung	40
3.4.1	Erfassung der Schwanzlänge.....	40
3.4.2	Erfassung des Schwanzdurchmessers	40
3.4.3	Erfassung der Körperlänge.....	41
3.4.4	Erfassung des Gewichts	41
3.4.5	Erfassung der Anzahl der Schwanzwirbel mittels Ultraschallverfahren.....	42
3.5	Überprüfung der Messgenauigkeit.....	44
3.5.1	Messgenauigkeit bei der Erfassung der Schwanzlänge.....	44
3.5.2	Messgenauigkeit bei der Erfassung des Schwanzdurchmessers	45
3.5.3	Messgenauigkeit bei der Erfassung der Körperlänge.....	45
3.5.4	Messgenauigkeit bei der Erfassung der Schwanzwirbelanzahl.....	45
3.6	Mathematisch-statistische Auswertung.....	46
4	Ergebnisse.....	50

4.1	Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel	50
4.1.1	Schwanzlänge bei Ferkeln der Rasse Piétrain in Reinzucht.....	50
4.1.2	Variabilität der Schwanzlänge innerhalb und zwischen Würfen	53
4.1.3	Homogenität der Würfe in Abhängigkeit vom Niveau der Schwanzlänge	57
4.2	Ausprägung weiterer Körpermerkmale neugeborener Ferkel	58
4.2.1	Ausprägung des Durchmessers des Schwanzes	58
4.2.2	Ausprägung der Körperlänge	59
4.2.3	Ausprägung des Gewichts	59
4.2.4	Ausprägung der Körpermerkmale der Ferkel bei sehr kurzer Schwanzlänge..	60
4.3	Einflüsse auf die Schwanzlänge neugeborener Ferkel	61
4.3.1	Einfluss der Wurfnummer	61
4.3.2	Einfluss des Messzeitpunktes	61
4.3.3	Einfluss von Anomalien des Schwanzes	62
4.4	Einflüsse auf weitere Kennzahlen neugeborener Ferkel	63
4.4.1	Einflüsse auf den Durchmesser des Schwanzes des Ferkels.....	63
4.4.1.1	Einfluss der Wurfnummer	63
4.4.1.2	Einfluss des Messzeitpunktes.....	63
4.4.2	Einflüsse auf die Körperlänge des Ferkels	64
4.4.2.1	Einfluss der Wurfnummer	64
4.4.2.2	Einfluss des Messzeitpunktes.....	65
4.4.3	Einflüsse auf das Gewicht des Ferkels	65
4.4.3.1	Einfluss der Wurfnummer.....	65
4.4.3.2	Einfluss des Messzeitpunktes.....	66
4.4.3.3	Einfluss des Geschlechts	66
4.5	Schätzung genetischer Parameter für Schwanzlänge, Durchmesser, Körperlänge und Gewicht	67
4.6	Spätere Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge	69
4.6.1	Entwicklung von Gewicht, Speck- und Muskeldicke in Abhängigkeit von der Schwanzlänge.....	69
4.6.2	Korrelationen zu Kennzahlen der späteren Entwicklung.....	73
4.7	Anomalien des Schwanzes von Ferkeln.....	73
4.7.1	Häufigkeiten des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln.....	73
4.7.2	Einflüsse auf die Ausprägung von Anomalien im Schwanzbereich	74
4.7.2.1	Einfluss der Wurfnummer.....	74

4.7.2.2	Einfluss des Messzeitpunktes.....	75
4.7.3	Ausprägung unterschiedlicher Körpermerkmale beim Auftreten verschiedener Schwanzformen.....	75
4.8	Schwanzwirbel bei neugeborenen Ferkeln.....	79
4.8.1	Anzahl der Schwanzwirbel.....	79
4.8.2	Anzahl der Schwanzwirbel in Abhängigkeit von der Schwanzform	80
4.8.3	Anzahl der Schwanzwirbel bei extrem kurzen bzw. langen Schwänzen	80
4.9	Ergebnisse für Ferkel der Kreuzungszucht	81
5	Diskussion	83
5.1	Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel	83
5.1.1	Schwanzlänge bei Piétrain-Ferkeln.....	83
5.1.2	Ausprägung der Variabilität innerhalb eines Wurfes	86
5.1.3	Ausprägung der Variabilität zwischen den Würfen	88
5.2	Ausprägung weiterer Kennzahlen neugeborener Ferkel	89
5.2.1	Ausprägung des Durchmessers des Schwanzes	89
5.2.2	Ausprägung der Körperlänge	90
5.2.3	Ausprägung des Gewichts	91
5.3	Einflüsse auf die Schwanzlänge neugeborener Ferkel	91
5.3.1	Einfluss der Wurfnummer	91
5.3.2	Einfluss des Messzeitpunktes.....	92
5.3.3	Einfluss von Anomalien des Schwanzes	92
5.4	Einflüsse auf weitere Körpermerkmale neugeborener Ferkel.....	93
5.5	Heritabilitäten von Körpermerkmalen neugeborener Ferkel.....	94
5.6	Korrelationen zwischen Kennzahlen neugeborener Ferkel.....	96
5.7	Spätere Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge	99
5.7.1	Spätere Entwicklung von Gewicht, Speck- und Muskeldicke	99
5.7.2	Korrelationen der Kennzahlen der späteren Entwicklung.....	101
5.8	Anomalien des Schwanzes von Ferkeln.....	101
5.8.1	Häufigkeiten des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln....	101
5.8.2	Ausprägung unterschiedlicher Kennzahlen bei verschiedenen Schwanzformen	103
5.9	Schwanzwirbel bei neugeborenen Ferkeln.....	104
5.9.1	Anzahl der Schwanzwirbel.....	104
5.9.2	Anzahl der Schwanzwirbel beim Auftreten von Schwanzanomalien	105

5.9.3	Anzahl der Schwanzwirbel bei extremen Schwanzlängen.....	106
5.10	Ergebnisse für Ferkel nach Kreuzungszucht	107
6	Schlussfolgerungen.....	110
7	Zusammenfassung	113
8	Summary.....	114
9	Literaturverzeichnis.....	115
10	Anlagen.....	127

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Schwanzlänge beim neugeborenen Ferkel sowie zu späteren Zeitpunkten.	5
Tab. 2: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform (KUNZE und WÄHNER, 2017; modifiziert; n=1.273).	12
Tab. 3: Anzahl der Schwanzwirbel beim Schwein.....	13
Tab. 4: Verschiedene Medien mit dazugehöriger Schallgeschwindigkeit und Dichte (BOSELMANN, 2013; modifiziert).....	29
Tab. 5: Charakterisierung der Ferkel aus Datenerhebungen unter Reinzucht.....	34
Tab. 6: Charakterisierung der Ferkel aus Datenerhebungen unter Kreuzungszucht.....	35
Tab. 7: Anzahl der Sauen in Abhängigkeit von der Leistung in Würfe/ Sau bzw. Ferkel/ Sau.	35
Tab. 8: Kennzahlen des Herkunftswurfs unter den Bedingungen der Reinzucht.	36
Tab. 9: Kennzahlen des Herkunftswurfs unter den Bedingungen der Kreuzungszucht.....	37
Tab. 10: Spätere Einsatzhäufigkeit der Eber in der Kreuzungszucht.....	38
Tab. 11: Kennzahlen der Ferkel bei Messwiederholung.....	44
Tab. 12: Kennzahlen der Ferkel bei Wiederholung der Erfassung der Schwanzwirbelanzahl.	45
Tab. 13: Klasseneinteilung der insgesamt, lebend und tot geborenen Ferkel.	46
Tab. 14: Klasseneinteilung von Schwanzlänge, Gewicht und mittlerer Schwanzlänge eines Wurfes.	47
Tab. 15: Ausprägung der Körpermerkmale der Ferkel.	50
Tab. 16: Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel.	50
Tab. 17: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geschlecht.	51
Tab. 18: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF).	51
Tab. 19: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht. ..	52
Tab. 20: Ausprägung der Abweichung des Einzeltiers vom Herkunftswurf.	53
Tab. 21: Verteilung der tatsächlichen Abweichung des Einzeltiers vom Herkunftswurf.	54
Tab. 22: Ausprägung der Schwanzlänge auf Wurfebene.	54
Tab. 23: Mittelwert der Schwanzlänge auf Wurfebene.....	54
Tab. 24: Spannweite der Schwanzlänge auf Wurfebene.....	55

Tab. 25: Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene in Abhängigkeit von der Wurfnummer des Herkunftswurfes.....	56
Tab. 26: Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF) des Herkunftswurfes.....	56
Tab. 27: Korrelationen von Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene (n=581).	57
Tab. 28: Schwanzlänge und Spannweite auf Wurfebene nach Schwanzlänge im Wurf.....	57
Tab. 29: Häufigkeit des Auftretens unterschiedlicher Spannweiten in einem Wurf bei sehr hohen bzw. geringen durchschnittlichen Schwanzlängen auf Wurfebene.....	58
Tab. 30: Verteilung des Schwanzdurchmessers der Ferkel.....	58
Tab. 31: Verteilung der Körperlänge der Ferkel.	59
Tab. 32: Verteilung des Gewichts der Ferkel.....	60
Tab. 33: Ausprägung der Körpermerkmale bei sehr geringen Schwanzlängen der Ferkel (bis 7,70 cm; =MW – 1s).	61
Tab. 34: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).	61
Tab. 35: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).	62
Tab. 36: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit von Anomalien des Schwanzes (n=4.538).	62
Tab. 37: Durchmesser des Schwanzes (LSM ± SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).....	63
Tab. 38: Durchmesser des Schwanzes (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).....	64
Tab. 39: Körperlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).	64
Tab. 40: Körperlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).....	65
Tab. 41: Gewicht (LSM ± SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).....	66
Tab. 42: Gewicht (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).	66
Tab. 43: Gewicht (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Geschlecht des Ferkels (n=4.538).	67
Tab. 44: Ergebnisse der Schätzung genetischer Parameter für die Merkmale Schwanzlänge (SL), Schwanzdurchmesser (DM), Körperlänge (KL) und Gewicht (GEW): Heritabilitäten für den direkten additiv-genetischen Effekt, maternale Heritabilitäten (relativer Varianzanteil der maternal-genetischen Komponente) und genetische Korrelationen *)	68
Tab. 45: Schätzwerte für den relativen Varianzanteil der Wurfumwelt und Korrelationen zwischen den Komponenten für die Wurfumwelt für die Merkmale Schwanzlänge (SL), Schwanzdurchmesser (DM), Körperlänge (KL) und Gewicht (GEW) *).....	69
Tab. 46: Direkte Heritabilität für das Merkmal Anomalie tritt auf/ tritt nicht auf (n=6.419)..	69

Tab. 47: Kennzahlen der späteren Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit der Schwanzlänge zur Geburt (1).....	70
Tab. 48: Kennzahlen der späteren Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit der Schwanzlänge zur Geburt (2).....	71
Tab. 49: Kennzahlen der späteren Entwicklung bei männlichen Ferkeln in Abhängigkeit von der Schwanzlänge zur Geburt.	72
Tab. 50: Korrelationen zwischen Kennzahlen zur Geburt und der späteren Entwicklung.	73
Tab. 51: Häufigkeit des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln.	73
Tab. 52: Anteil unterschiedlicher Schwanzformen bei lebenden und toten Ferkeln.....	74
Tab. 53: Anomalien des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).....	74
Tab. 54: Anomalien des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).....	75
Tab. 55: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.	76
Tab. 56: Geburts- und Testgewicht der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.	77
Tab. 57: Verteilung der Schwanzwirbelanzahl der Ferkel.	79
Tab. 58: Schwanzwirbelanzahl der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.	80
Tab. 59: Schwanzwirbelanzahl und weitere Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge.....	81
Tab. 60: Körpermerkmale der Ferkel nach Kreuzungszucht (n=822).	81
Tab. 61: Zuchtwert für Schwanzlänge und Schwanzlänge der eingesetzten Eber zur Geburt vs. Schwanzlänge der Ferkel nach Kreuzungszucht in Abhängigkeit vom jeweiligen Eber (n=822).....	82
Tab. 62: Verteilung der Schwanzform der Ferkel bei Eber „78582“ vs. andere Eber (n=822).	82

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Skelett des Schweins (NICKEL et al., 2004-A).	2
Abb. 2: Kreuzbein des Schweins, linke dorsolaterale Ansicht (SALOMON, 2015-B; modifiziert).	3
Abb. 3: Leichte Form der Schwanzanomalie (BEER, 1964).	10
Abb. 4: Starke Form der Schwanzanomalie (BEER, 1964).	11
Abb. 5: Schwanzanomalie mit Knotenbildung (BEER, 1964).	11
Abb. 6: Brachyury beim Bourbonnaiser Vorstehhund (Links; HYTÖNEN et al., 2009; Photo: Michael Comte), Anury bei der Manx- Katze (Mitte; BUCKINGHAM et al., 2013) und Brachyury beim Schwein (Rechts; RÉDEL, 2008).	19
Abb. 7: Phänotyp mit Aft - Mutation Aft/+ (links) und Knochenstruktur des dazugehörigen Schwanzes (rechts) (RUVINSKY et al., 2002).	24
Abb. 8: Aufnahme eines Schallschattens und Ausgabe als Bild (BOSELDMANN, 2013).	30
Abb. 9: Von Rippen ausgelöster Schallschatten beim US (RÖHRIG et al., 2013).	31
Abb. 10: Häufigkeit des Einsatzes der Eber ($n_{\text{Eber}}=67$).	37
Abb. 11: Klasseneinteilung der Schwanzform der Ferkel; Klasse I und III (KUNZE, 2015).	39
Abb. 12: Messung der Schwanzlänge (links) und des Schwanzdurchmessers (rechts).	41
Abb. 13: Messung der Körperlänge (links) und des Gewichts (rechts).	42
Abb. 14: MINDRAY DP-50 Vet im Transport- (links) und Arbeitsmodus (rechts) (beide: MINDRAY, 2017).	42
Abb. 15: Erfassung der Anzahl der Schwanzwirbel mit Linearsonde (links) und Ausgabe des Bildes im Gerät (rechts).	43
Abb. 16: Startpunkt beim Zählen der Schwanzwirbel: Schematische Darstellung der Wölbung (oben) (NICKEL et al., 2004-B) und Startwirbel im Ultraschallbild (unten).	43
Abb. 17: Verwendete Werkzeuge Messer und Pinzette zur Teilung des Schwanzes (links) und kupierter, geteilter Schwanz mit Wirbelkörpern (rechts; rote Körper).	44
Abb. 18: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht ($n=6.426$).	52
Abb. 19: Beispiel eines Ferkels mit einer Schwanzlänge von 4,7 cm (Ferkel „8707“).	52
Abb. 20: Beispiele für Schwanzanomalien der Klasse I (links) und der Klasse II (rechts).	77
Abb. 21: Beispiele für Schwanzanomalien der Klasse III.	77

Abb. 22: Beispiele für mehrere Anomalien in einem Schwanz: 2x Klasse II (links) und je 1x Klasse I + Klasse III (rechts).....	78
Abb. 23: Beispiele für besondere Anomalieformen: Anomalie direkt am Schwanzansatz (links) und permanente, leichte Anomalie (rechts).....	78
Abb. 24: Mögliche Ursache für Schwanzanomalien: Verschmelzung von Schwanzwirbeln..	79

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung	LT	Lebenstag
Aft	Abnormal feet and tail	m	männlich
AIC	Akaike-Information-Criterion	mat.	maternal
Ano	Anomalie	Max	Maximum
AS	Altsau	Min	Minimum
Base C	Cytosin	mind.	mindestens
Base G	Guanin	MW	Mittelwert
BHZP	Bundes Hybrid Zucht Programm	MZP	Messzeitpunkt
btm	brachyury- interacting tail length modifier	n	Anzahl
c^2	relativer Varianzanteil der Wurfumwelt	p	p-Wert
DE	Deutsches Edelschwein	p.p.	post partum
dir.	direkt	Pi	Piétrain
DL	Deutsche Landrasse	r	Korrelationskoeffizient
DM	Durchmesser des Schwanzes	r_{gd}	genetische direkte Korrelation
DU	Duroc	r_{gm}	genetische maternale Korrelation
F1	Filialgeneration 1	r_p	phänotypische Korrelation
Gew	Gewicht	RZW	Relativzuchtwert
h^2	Heritabilität	s	Standardabweichung
h_d^2	direkte Heritabilität	SL	Schwanzlänge
h_m^2	maternale Heritabilität	SNP	Single Nucleotide Polymorphism
igF	insgesamt geborene Ferkel	Stk.	Stück
JS	Jungsau	Tab.	Tabelle
KB	künstliche Besamung	tct	t complex tail interaction
Kl	Klasse	tgF	tot geborene Ferkel
KL	Körperlänge	US	Ultraschall
kum.	kumuliert	vs.	versus
lgF	lebend geborene Ferkel	w	weiblich
LSM \pm SE	Least-Square-Means \pm Standarderror	WNr	Wurfnummer
		WZ	Anzahl der Schwanzwirbel

1 Einleitung

Aspekte des Tierschutzes und der Ethik in der Tierhaltung gewinnen aktuell stetig an Bedeutung. Bei der Tierart Schwein steht deshalb u.a. der Schwanz im Fokus des Interesses. Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich dabei häufig auf die Problematik des Schwanzbeißen, seine Reduzierung und Prävention, den richtigen Umgang damit und den Auswirkungen, falls es auftritt. Das Schwanzbeißen beim Schwein kann vielfältige Ursachen haben und tritt in verschiedenen Haltungssystemen auf (TER BEEK, 2016; SONODA et al., 2013; SCHNEIDER, 2013; TAYLOR et al., 2009; WALKER und BILKEI, 2006). Weil die Ursachen jedoch so unterschiedlich sein können und jeder Betrieb sowie jeder Tierbestand eigene Voraussetzungen mitbringen, obliegt es den Betrieben selbst, richtige Maßnahmen zu ergreifen, um das Problem zu lösen. So werden die Schwänze zum Schutz der Tiere häufig gekürzt, also kupiert. Dabei ist ein routinemäßiges Schwanzkupieren in der EU gemäß der Richtlinie 2008/120/EG des Rates verboten und selbst das Kupieren scheint, zumindest unter Beachtung der gesetzlichen Auflagen, das Schwanzbeißen nur unvollständig verhindern zu können. In der Konsequenz ist ein möglichst zügiger Ausstieg aus der Maßnahme Schwanzkupieren angedacht (WBA, 2015; KOMPETENZKREIS TIERWOHL, 2015). Dazu ist jedoch noch erhebliche Forschungsarbeit nötig, weshalb ein Verzicht darauf nur langsam erfolgen kann (BLE, 2016).

Es gilt nun, vorbeugende Maßnahmen zum Schutz vor Schwanzbeißen zu finden. WEHMEIER-GRAF (2016) gibt diesbezüglich aber zu bedenken, dass Verhaltensweisen, wie Erkunden, Wühlen, Kauen, Beißen oder auch Benagen, die allesamt in Verbindung zur Futteraufnahme stehen, nicht weggezüchtet werden können. Für die sichere Handhabung des Schwanzbeißen und der damit einhergehenden Probleme stehen die Schweinehalter deshalb zukünftig vor sehr großen Herausforderungen. Für die Vermeidung eines derart heterogenen und komplexen Verhaltens, wie es das Schwanzbeißen ist, wird es also nicht die eine goldene Lösung geben, welche für alle Bestände gleichermaßen Erfolg verspricht. In der Umsetzung eines geplanten Ausstiegs aus dem Kupieren der Schweineschwänze ist deshalb mit großen Problemen zu rechnen. Weiter besteht erheblicher Forschungsbedarf, welcher in verschiedenste Richtungen zu forcieren ist. Dabei gibt es bisher wenig Literatur zur Beschreibung und Charakterisierung des Körperteils, welcher im zentralen Blickpunkt dieser aktuellen Diskussionen steht – nämlich des Schwanzes. Diese Untersuchung soll daher einen Beitrag dazu leisten, einen wesentlichen Fortschritt der wissenschaftlichen Kenntnisse auf eben jenem Gebiet zu erlangen.

2 Literatur

2.1 Anatomie des Schwanzes beim Tier

Der Schwanz eines Tiers ist neben Kopf, Hals, Rumpf und Gliedmaßen einer von fünf deutlich voneinander abgegrenzten Körperabschnitten (SALOMON, 2015-A). Er schließt sich an das Becken in der Verlängerung der Kreuzgegend an und wird auch als Cauda bezeichnet (SALOMON, 2015-A). Abb. 1 zeigt das Skelett des Schweins. Für den Schwanzbereich sind die Knochen e', f und g von Bedeutung (e'=letzter Lendenwirbel; f=Kreuzbein; g=erster Schwanzwirbel).

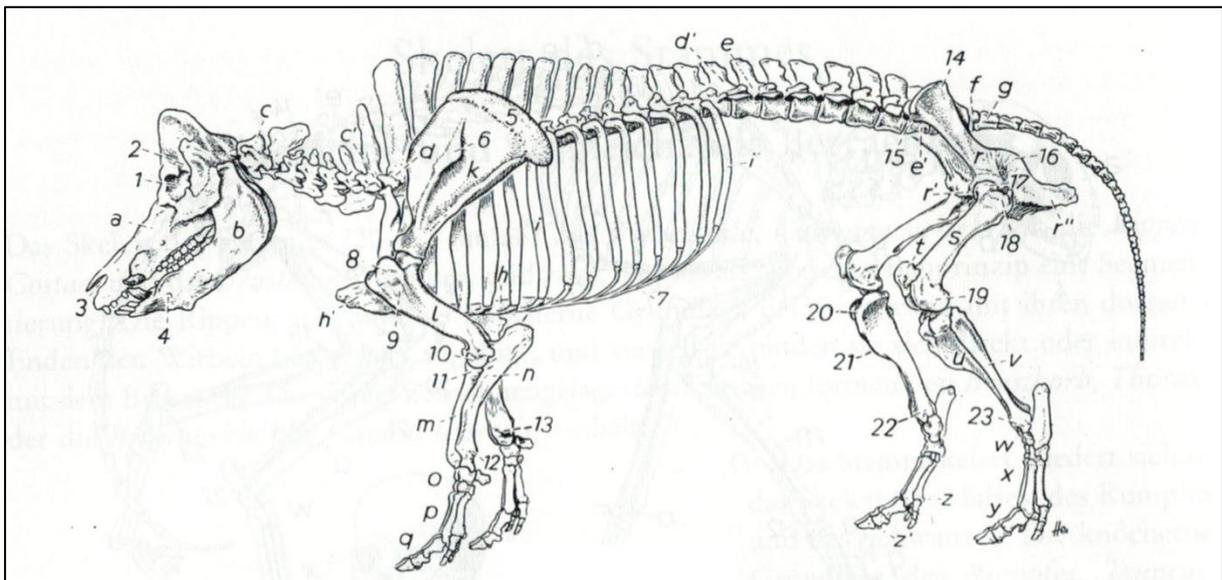


Abb. 1: Skelett des Schweins (NICKEL et al., 2004-A).

Knochen stellen den passiven Bewegungsapparat dar. Muskeln sind der aktive Bewegungsapparat. Die Muskeln haben über Sehnen und Bänder Ansatzpunkte an den Knochen (LOEFFLER und GÄBEL, 2013-A).

Generell haben Säugetiere drei oder mehrere Sakral- bzw. Kreuzwirbel (LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LYTLE und MEYER, 2010; HILDEBRAND und GOSLOW 2004). Diese sind zu einem Kreuzbein (s. Abb. 2), dem Sacrum, verschmolzen (LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; HILDEBRAND und GOSLOW 2004; GURLT et al., 1873-A). Die Beweglichkeit der Kreuzwirbel ist daher sehr gering. Das Verschmelzen der Kreuzwirbel endet ca. eineinhalb Jahre nach der Geburt (LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A). Das Kreuzbein ist nach dorsal durchgebogen (NICKEL et al., 2004-A). Die Breite nimmt nach caudal ab (SALOMON, 2015-B; LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A; GURLT

et al., 1873-A). Das Kreuzbein ist mit dem Darmbein und den Facies auriculares zum Kreuz-Darmbein-Gelenk verbunden (LIEBICH et al. 2012-A; NICKEL et al., 2004-A).

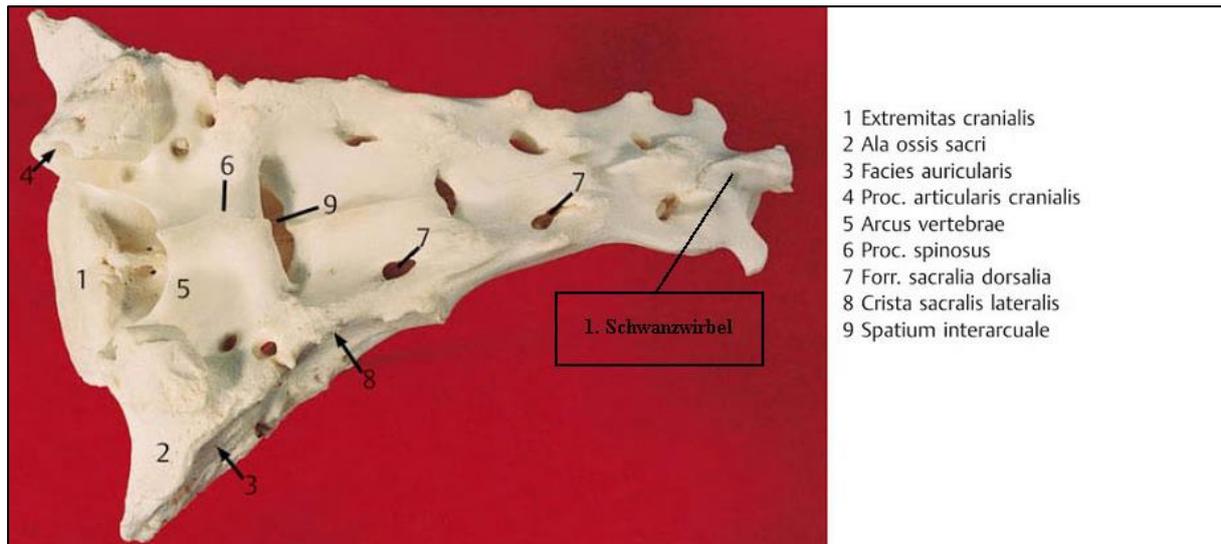


Abb. 2: Kreuzbein des Schweins, linke dorsolaterale Ansicht (SALOMON, 2015-B; modifiziert).

Dem Kreuz- Darmbein- Gelenk schließen sich die Schwanzwirbel an (LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; LYTLE und MEYER, 2010; GURLT et al., 1873-A). Diese werden auch Caudalwirbel (LYTLE und MEYER, 2010) oder Vertebrae caudales (SALOMON, 2015-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012) genannt. Die Schwanzwirbel werden schwanzspitzenwärts stetig kleiner (LIEBICH und KÖNIG, 2012). Sie stellen sich verjüngende Zylinder dar (NICKEL et al., 2004-A). Sie sind gekennzeichnet durch Wirbelbogen und –fortsätze, welche in Richtung distal verschwinden (SALOMON, 2015-B; LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A; GURLT et al., 1873-A). Die ersten fünf bis sechs Schwanzwirbel haben einen geschlossenen Bogen (NICKEL et al., 2004-A; DEFRA, 2002; GURLT et al., 1873-A). Anschließend ist der Wirbelkanal nach dorsal offen (NICKEL et al., 2004-A; DEFRA, 2002). Die Querfortsätze sind bis zum dritten Wirbel vorhanden und ca. bis zum 10. Schwanzwirbel noch zu erkennen (NICKEL et al., 2004-A; GURLT et al., 1873-A). Kraniale Gelenkfortsätze werden vom neunten bis 17. Schwanzwirbel stetig kleiner (NICKEL et al., 2004-A). Der letzte Wirbel ist lediglich sanduhrenartig eingeschnürt (LIEBICH und KÖNIG, 2012). Im Gegensatz zu den Kreuzwirbeln sind die Schwanzwirbel relativ beweglich (LIEBICH und KÖNIG, 2012; SEIFERLE und FREIWEIN, 2004).

Die Wirbel des Schwanzes sind durch dicke Zwischenwirbelscheiben miteinander verbunden (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Sie sind von Muskeln umgeben (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Diese entspringen als Fortsetzung des Stammes bzw. vom Becken und tragen u.a. zur

Festigung der Wirbelsäule bei (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Es sind drei Gruppen dieser sog. Wirbelsäulen-Schwanzmuskeln bekannt (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Neben dem Heber und dem Niederzieher (LIEBICH et al. 2012-B; SEIFERLE und FREIWEIN, 2004; ELLENBERGER und BAUM, 1915; GURLT et al., 1873-B) gibt es verschiedene Seitwärtszieher (LIEBICH et al. 2012-B; SEIFERLE und FREIWEIN, 2004; ELLENBERGER und BAUM, 1915). Der Heber und der Niederzieher erstrecken sich vom Kreuzbein bis zum letzten Schwanzwirbel (LIEBICH et al. 2012-B; ELLENBERGER und BAUM, 1915). Die Seitwärtszieher reichen vom Kreuz-Sitzbeinband bis zum ersten Schwanzwirbel (LIEBICH et al. 2012-B; ELLENBERGER und BAUM, 1915; GURLT et al., 1873-B).

2.2 Bedeutung des Schwanzes beim Tier

Die Bedeutung des Schwanzes für Haustiere im Allgemeinen ist vor allem für den Ausdruck von Emotionen sehr hoch (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Heben, Senken und Seitwärtsbewegen des Schwanzes sind in unterschiedlicher Intensität möglich (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Dabei können vielfältige Zwischenstellungen eingenommen werden (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). KILEY-WORTHINGTON (1976) hat die Bewegungen generell in dorso- ventrale, auf- und abwärts, und laterale, seitwärts, Bewegungen eingeteilt. Die Tiere können verschiedenste seelische Regungen sowie Stimmungen mit bestimmten Haltungen bzw. Bewegungen des Schwanzes ausdrücken (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004; KILEY-WORTHINGTON, 1976). Bei Aggression, Angst, Erregung sowie der einfachen Fortbewegung werden unterschiedliche Stellungen eingenommen (KILEY-WORTHINGTON, 1976). Laterale Bewegungen werden dabei v.a. für das Hervorrufen bzw. Vermeiden von Konfliktsituationen oder Enttäuschungen verstanden (KILEY-WORTHINGTON, 1976). Artgenossen registrieren und verstehen die getätigten Äußerungen (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Damit ist die Bedeutung des Schwanzes in sexual- und sozialbiologischer Hinsicht sehr hoch (SEIFERLE und FREIWEIN, 2004). Beim Schwein kommt ein Kupieren des Schwanzes deshalb auch dem Entzug eines Kommunikationsmittels gleich (LASSEN et al., 2006). Für die Verbraucher steht darüber hinaus ein vollständiger Ringelschwanz eines Schweines als ein Zeichen des Tierwohls (LASSEN et al., 2006). Früher wurde der Schwanz dagegen noch als Kennzeichen für die Wüchsigkeit des Schweins angesehen. Bei zu dünner Schwanzwurzel galten die Tiere dann meist als zu wenig fleischwüchsig bei einem gleichzeitig zu hohen Fettansatz (BAADE, 1948).

2.3 Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel

Die Schwanzlänge beim Ferkel wurde bislang nur in wenigen Forschungsarbeiten untersucht. Die Tab. 1 gibt einen Überblick zu den dabei ermittelten Werten.

Tab. 1: Übersicht der Schwanzlänge beim neugeborenen Ferkel sowie zu späteren Zeitpunkten.

Autor(en)	Schwanzlänge	Min - Max	Rasse/ Genetik	Bemerkungen
AIKINS- WILSON et al., 2021	8,87 ± 1,21 cm	(0 ^{*1})- 16,80	Pi, DL, DU, DE & Rotations- kreuzungen	Alter: 1 LT; n=9.348; Direkte Heritabilität h_d^2 der SL: 0,42 ± 0,03; Maternale Heritabilität h_m^2 der SL: 0,05 ± 0,04; Korrelation der direkten genetischen Effekte r_{gd} zwischen SL und Geb.-Gew: 0,40 ± 0,03
WHITE, 2017	9,00 cm	5,0- 13,0 cm	-	Neugeborene Ferkel
KUNZE et al., 2016-A	8,50 ± 0,94 cm	3,4- 11,4 cm	Sauen: DExDL, DanZucht, PIC; Eber: DU, Pi, DE, TOPIGS	Mehrere Betriebe; Alter: MW 3,11 LT; n=1.273
KUNZE et al., 2015-B	8,53 ± 0,97 cm	4,6- 11,4 cm	Eber: Pi, keine Reinzucht	Alter: ca. 3 LT; n=495
	8,47 ± 0,94 cm	3,4- 11,0 cm	Eber: DU, keine Reinzucht	Alter: ca. 3 LT; n=740
KLEIN, 2016	8,78 ± 1,04 cm	3,4- 11,5 cm	DE, Pi, (PixDU)x (DExDL), DUxDExDL	Mehrere Betriebe; Alter: 3-5 LT; n=675; Kurzschwanzigkeit (SL ≤ 5,6 cm): in 1,19% der Fälle
	25,27 cm	23,0- 33,5 cm	DE, Pi	Alter: ≥110 LT; n=23
KLEIN et al., 2015	9,00 ± 1,09 cm	4,1- 11,5 cm	DE, Pi, DUxDExDL	Alter: 2-4 LT; n=190
LECHNER, 2016	-	5,0- 13,0 cm	-	Saugferkel
	ca. 45 cm	-	-	Ausgewachsenes Haus- bzw. Hybridschwein
HERSKIN et al., 2015	9,20 ± 0,90 cm	7,2- 11,3 cm	Landrasse x Yorkshire x DU	Alter: 2-4 LT
SCHÄFFER, 2014	10,1 ± 1,1 cm	-	DExDL	Alter: 8 LT; n=80
	13,3 ± 1,5 cm	-	DExDL	Alter: 29 LT; n=71
	-	18,8- 19,7 cm	DExDL	Alter: 86 LT; n=34
	-	23,1- 26,1 cm	DExDL	Alter: 165 LT; n=32
DANDAPAT et al., 2010	9,80 ± 0,11 cm	-	Mali- Schwein	Ferkel; n=42
	ca. 23 cm	-	Mali- Schwein	Ausgewachsen; n=56

Die Schwanzlänge (SL) von Ferkeln beträgt nach AIKINS- WILSON et al. (2021) im Durchschnitt $8,87 \pm 1,21$ cm. Bei anderen Untersuchungen beträgt sie $8,78 \pm 1,04$ cm (KLEIN, 2016), $9,00 \pm 1,09$ cm (KLEIN et al., 2015) bzw. $9,00$ cm (WHITE, 2017). An ca. drei Tage alten Ferkeln wurde eine Schwanzlänge von mittleren $8,50 \pm 0,94$ cm festgestellt (KUNZE et al., 2016-A). HERSKIN et al. (2015) fanden heraus, dass die mittlere Schwanzlänge bei Ferkeln, welche zwei bis vier Tage alt sind, $9,2 \pm 0,9$ cm beträgt. Andere Wissenschaftler berichten von einer mittleren Schwanzlänge von $10,1 \pm 1,1$ cm am 8. Lebenstag (LT) (SCHÄFFER, 2014). Im westfälischen Zoologischen Garten zu Münster wurden vier Kreuzungstiere zwischen Wild- und Hausschwein geboren. Es wurde festgestellt, dass zwei Ferkel eine Schwanzlänge von 7 cm hatten (LANDOIS, 1903). Allerdings starben die beiden vermessenen Ferkel kurze Zeit p.p. (LANDOIS, 1903). DANDAPAT et al. (2010) haben Körpermaße am Mali- Schwein gemessen. Die Schwanzlänge der Ferkel beträgt dort (LSM \pm SE) $9,8 \pm 0,11$ cm (DANDAPAT et al., 2010). Ferner wurde eine Schwanzlänge von $3,34 \pm 0,50$ cm am ersten Lebenstag festgestellt (DEFRA, 2002).

Die Werte der Schwanzlänge schwanken zwischen einem Minimum (Min) von $3,4$ cm und einem Maximum (Max) von $11,4$ cm und haben damit eine Spannweite von 8 cm (KUNZE et al., 2016-A). LECHNER (2016) hat eine identische Spannweite festgestellt und in ihren Untersuchungen eine Schwanzlänge zwischen $5,0$ und $13,0$ cm gemessen (LECHNER, 2016). WHITE (2017) stellte ebendiese Grenzwerte fest. In weiteren Untersuchungen wurden Werte zwischen $7,2$ und $11,3$ cm (HERSKIN et al., 2015) bzw. ein Maximalwert von $16,8$ cm (AIKINS- WILSON et al., 2021) ermittelt. Somit wurden große Unterschiede für das Merkmal zwischen den Ferkeln beobachtet (KUNZE et al., 2016-A; LECHNER, 2016). In Abhängigkeit des Untersuchungsbetriebes zeigen die mittleren 50% der Ferkel eine Spannweite von $1,1$ cm (KUNZE et al., 2015-A). Innerhalb der Würfe zeigen die Vollgeschwister eine Differenz von $2,2$ - $2,4$ cm von dem je kürzesten zu dem je längsten Schwanz (KUNZE et al., 2015-A). Dabei wurde festgestellt, dass es Würfe mit einem sehr hohen Maß an Homogenität bei einer internen Spannweite von $1,2$ cm gibt (KUNZE et al., 2016-A). Gleichermaßen bestehen auch Würfe mit einer großen Heterogenität bei einer Spannweite von bis zu $5,2$ cm (KUNZE et al., 2016-A). Zwischen den Würfen unterscheiden sich die Mittelwerte der Schwanzlänge um $2,0$ - $2,7$ cm (KUNZE et al., 2015-A). Die Werte in einem Wurf schwanken zwischen durchschnittlich $7,15$ und $9,65$ cm (Duroc (DU)-Eber) und $7,90$ und $9,91$ cm bzw. $6,61$ und $9,27$ cm (je Piétrain (Pi)-Eber) (KUNZE, 2015). Für verschiedene Würfe mit dem gleichen Vater (Pi; $n_{\text{Eber}}=3$; $n_{\text{Würfe}}=2, 7$ bzw. 11) werden unterschiedliche mittlere Schwanzlängen in einem Wurf mit einer Differenz von ca. 2 cm erwartet (KUNZE, 2015).

KLEIN (2016) stellte ebenfalls große phänotypische Unterschiede fest. Die Werte reichen von 3,4 bis zu 11,5 cm (KLEIN, 2016) bzw. von 4,1 bis zu 11,5 cm (KLEIN et al., 2015). Seinen Erkenntnissen nach liegen dabei eher geringe genetische Unterschiede auf diversen analysierten Abschnitten des Genoms, des Brachyury- bzw. T-Gens (vgl. Kapitel 2.9) auf Chromosom 1, zugrunde (KLEIN, 2016). Der Autor beobachtet darüber hinaus, dass in 1,19% der Fälle Kurzschwanzigkeit ($SL \leq 5,6$ cm) besteht (KLEIN, 2016). Weitere Ergebnisse schwanken zwischen 2,8 und 4,1 cm (DEFRA, 2002).

Die durchschnittlich längsten Schwänze liegen im Vergleich bei reinblütigen Piétrain- Ferkeln vor (KLEIN, 2016). KUNZE et al. (2015-A) bestätigen, dass Pi- Nachkommen längere Schwänze haben, als die der DU- Eber. Die Schwanzlänge der Ferkel kann sich allerdings im Laufe der Körperentwicklung unterschiedlich stark ausprägen (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016), wodurch sich wiederum Unterschiede zwischen den Rassen ergeben können. Ferkel mit einem Pi- Vater haben eine SL von $8,53 \pm 0,97$ cm (KUNZE et al., 2015-B). Mit einem Du- Vater beträgt die SL der Ferkel $8,47 \pm 0,94$ cm (KUNZE et al., 2015-B). Unter Einsatz eines Pi- Ebers ist allerdings die Spannweite der SL in einem Wurf mit $2,25 \pm 0,58$ cm gleichzeitig um mittlere 0,25 cm geringer (KUNZE, 2015). Allerdings lag in dieser Erhebung keine Reinzucht vor (KUNZE et al., 2015-A). Unter den Bedingungen der Reinzucht werden kleinere Variationen in der Schwanzlänge der Ferkel beobachtet als bei Kreuzungstieren (KLEIN, 2016). Die Schwanzlänge der Ferkel ist dabei annähernd normalverteilt (KLEIN, 2016). Unterschiede zwischen einzelnen Untersuchungsorten liegen jedoch vor (KLEIN, 2016). Es traten keine signifikanten Unterschiede für die SL zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln auf (KLEIN, 2016). Andere Autoren haben dagegen signifikante Unterschiede gefunden. So scheinen die Schwänze männlicher Tiere länger zu sein (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016). Die Entwicklung der Schwanzlänge unterscheidet sich offensichtlich ebenfalls zwischen beiden Geschlechtern (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016).

AIKINS- WILSON et al. (2021) ermittelten die direkte Heritabilität für das Merkmal SL mit $h_d^2=0,42 \pm 0,03$. Sie berichten, dass aus diesem relativ hohen Wert ein Potenzial für eine Selektion auf kürzere Schwänze innerhalb einiger Generationen resultiert und es, zumindest theoretisch, die beste Lösung zu sein scheint, um Schwanzbeißen und -kupieren zu unterbinden (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die maternale Heritabilität wird mit $h_m^2=0,05 \pm 0,04$ angegeben und stellt so einen geringen Effekt dar (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die phänotypische Varianz beträgt $\sigma_p^2=1,57$, die Restvarianz $\sigma_e^2=0,79$, die direkte genetische Varianz $\sigma_a^2=0,66$, die maternale genetische Varianz $\sigma_m^2=0,07$ und die permanente Umweltvarianz $\sigma_c^2=0,05$

(AIKINS- WILSON et al., 2021). Die Korrelation zwischen direktem und maternalem genetischen Effekt ist negativ und liegt bei $r=-0,35 \pm 0,13$, wobei die Ursachen dafür nicht bekannt seien (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die allgemeine Wurfumwelt für die SL beträgt AIKINS- WILSON et al., (2021) zufolge $c^2=0,03$.

Die Schwanzlänge der Ferkel unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Wurfnummer (WNR) der Sau (KUNZE und WÄHNER, 2017; KUNZE et al., 2016-A). In den Wurfnummern eins und zwei beträgt die Schwanzlänge der Ferkel (LSM \pm SE) $8,28 \pm 0,09$ cm (KUNZE und WÄHNER, 2017). In den Wurfnummern drei und vier liegt der Wert bei $8,62 \pm 0,04$ cm (KUNZE und WÄHNER, 2017). Ab einer Wurfnummer von fünf oder höher beträgt der Wert $8,63 \pm 0,05$ cm (KUNZE et al., 2016-A). Unterschiede werden auch zwischen Gewichtgruppen beobachtet. Zwischen den je einem Drittel der leichtesten (7,79 cm), der mittleren (8,56 cm) und der schwersten Ferkel (9,14 cm) liegen unterschiedliche Schwanzlängen vor (KUNZE et al., 2016-A). Auch hier haben Pi- blütige Ferkel längere Schwänze (KUNZE et al., 2016-A).

Am 29. LT beträgt die mittlere Schwanzlänge $13,3 \pm 1,5$ cm (SCHÄFFER, 2014). Zum 86. LT beträgt die Schwanzlänge im Mittel zwischen 18,8 und 19,7 cm und am 165. LT zum Ende der Mast zwischen 23,1 und 26,1 cm (SCHÄFFER, 2014). Mit einem Alter von mindestens (mind.) 110 Tagen beträgt die Schwanzlänge im Durchschnitt 25,3 cm und reicht von 23,0 cm bis zu 33,5 cm (KLEIN, 2016). Beim Wildschwein beträgt die Schwanzlänge 14-22 cm (BODNÁR et al., 2015, nach SJARMIDI und GERARD, 1988). Bei einem ausgewachsenen Wildschwein kann die Schwanzlänge bis zu 30 cm lang werden und damit ca. 2/3 von der Länge des Haus- bzw. Hybridschweins mit bis ca. 45 cm betragen (LECHNER, 2016). Beim ausgewachsenen Malischwein beträgt die Schwanzlänge ca. 23 cm (DANDAPAT et al., 2010). Bei drei Rassen von in Lesotho heimischen Schweinen beträgt die Schwanzlänge abhängig von der Rasse mittlere $33,00 \pm 1,32$ cm, $32,67 \pm 1,45$ cm oder $47,00 \pm 1,73$ cm im Alter von 9 Monaten (MOLAPO et al., 2007). Es wurde dabei eine Spannweite von ca. 6,5 cm beobachtet (MOLAPO et al., 2007), was in etwa 14 -20 % des jeweiligen Mittelwerts ausmacht.

2.4 Einflüsse auf die Schwanzlänge der Ferkel

KLEIN (2016) stellte fest, dass der maternale (mat.) Einfluss der Muttersau auf die Ausprägung der Schwanzlänge ihrer Ferkel bei 18,48% liegt. Die Restvarianz beträgt demnach 81,52% (KLEIN, 2016). Ein Einfluss der Genetik der Sau scheint jedoch nicht gegeben zu sein (KUNZE et al., 2016-A).

Es liegen Einflüsse des Gewichts der Ferkel ($p \leq 0,001$), des Untersuchungsbetriebs ($p \leq 0,001$) – bei drei in der Untersuchung von KUNZE (2015) einbezogenen Herden – sowie der Wurfnummer der Sau ($p \leq 0,001$) vor (KUNZE et al., 2016-A). Diese sind hochsignifikant (KUNZE et al., 2016-A). Darüber hinaus liegt ein signifikanter Einfluss der Wurfgröße des Herkunftswurfes ($p = 0,041$) auf die Schwanzlänge des Ferkels vor (KUNZE et al., 2016-A). Die Autoren schließen daraus, dass mit steigender Wurfgröße das Gewicht (Gew) und damit indirekt auch die Schwanzlänge der Ferkel sinken (KUNZE et al., 2016-A).

2.5 Anomalien des Schwanzes beim Schwein

2.5.1 Beschreibung von Anomalien des Schwanzes

Schwanzanomalien sind nicht zu verwechseln mit Knickverletzungen des Schwanzes. Knickverletzungen entstehen erst während der Aufzucht (SCHÄFFER, 2014). Dagegen handelt es sich bei Anomalien nicht um Verletzungen, sondern um kongenitale bzw. angeborene Defekte der Struktur oder Funktion, in diesem Fall, beim Schwanz der Schweine (DEFOREST und BASRUR, 1979). Nekrosen, wie sie bereits beim Saugferkel im Schwanzspitzenbereich vorliegen können (LECHNER, 2016), sind ebenso von Anomalien abzugrenzen.

JACKSON und COCKCROFT (2007) bezeichnen eine Anomalie (Ano.) als „crooked tail“ oder „kinky tail“. Anstelle eines geraden bzw. geringelten Schwanzes tritt ein scharfer, deutlicher Winkel auf (JACKSON und COCKCROFT, 2007; NORDBY, 1934). NORDBY (1934) schreibt, dass diese Erscheinung eher, aber nicht ausschließlich, am caudalen Ende des Schwanzes auftritt. Brachyury, Kurzschwanzigkeit, und Anury, Schwanzlosigkeit (vgl. Kapitel 2.10), kommen beim Schwein vor (HERZOG, 2001). Das Auftreten eines „kinky tails“, bzw. von Brachyury und Anury, wurde vorrangig bei den Rassen Edelschwein und Landrasse beobachtet (JACKSON und COCKCROFT, 2007; HERZOG, 2001). Der Defekt wurde außerdem in Verbindung mit urogenitalen Defekten (DONALD, 1949; RYLEY et al., 1955) sowie Wirbelsäulenverwachsungen und Bewegungsstörungen (HERZOG, 2001) beobachtet. Der „kinky tail“ wird von einem autosomal dominanten Gen bei geringer phänotypischer Penetranz codiert (JACKSON und COCKCROFT, 2007). Auch FISCHER (1960) macht ein einzelnes dominantes Gen mit geringer Penetranz dafür verantwortlich. DONALD (1949) geht von einem unvollständigen dominanten Gen mit variabler Expression aufgrund modifizierender Faktoren aus. NORDBY (1934) vermutet dagegen ein einzelnes rezessives Gen als Hauptursache. SEE (1998) berichtet von rezessiver Vererbung mit mehreren beteiligten Genen. Nach RYLEY et al. (1955) erfolgt die Vererbung komplex. Offenbar erfolgt die fehlerhafte Ausbildung des Schwanzes bereits in der frühen

Phase der Trächtigkeit (NORDBY, 1934). Dem Sachverhalt kommt nach JACKSON und COCKCROFT (2007) keine hohe Bedeutung zu. Die Entwicklung der betroffenen Ferkel gilt als normal (JACKSON und COCKCROFT, 2007). An anderer Stelle wird von einem rudimentären Schwanz bzw. Schwanzlosigkeit berichtet (BROOKSBANK, 1958). Dies hat seinen Ursprung in der Vererbung und geht mit Schwanzwirbelanomalien einher (BROOKSBANK, 1958).

Anomalien kennzeichnen die Ferkel von Geburt an und sind in Klassen einteilbar (KUNZE, 2015). So können z.B. neben der Normalform drei Anomalieformen (Klasse (K1) I: $\ll 90^\circ$, II: ca. 90° , III: $\gg 90^\circ$) unterteilt werden (KUNZE, 2015). Es wurde festgestellt, dass es zur Verschmelzung (HERZOG, 2001; NORDBY, 1934) bzw. Fusion (SEE, 1998) von zwei oder mehreren Schwanzwirbeln kommen kann, aus welcher eine Abwinkelung resultiert. Dies wird bezeichnet als Knotenschwanz (NORDBY, 1934). Solche Richtungsänderungen können die Folge von Rückenmarksaplasien sein (HERZOG, 2001). Knickschwänze sind die einzigen Achsenverkrümmungen beim Schwein mit nennenswertem Auftreten (HERZOG, 2001). Sie werden autosomal-rezessiv vererbt (HERZOG, 2001). Die Richtung der Abwinkelung ist nicht vorgegeben (NORDBY, 1934). Es können auch mehrere in einem Schwanz auftreten (NORDBY, 1934). BEER (1964) stieß auf die Entdeckungen von Nordby. Er stellte Vergleiche mit seinen Ergebnissen an. Eine Form der Anomalie des Schwanzes führte er darauf zurück, dass eine einseitige Aplasie oder Hypoplasie einiger Wirbel vorliegt (BEER, 1964). Dadurch sind die Wirbelkörper kleiner und es wird eine schiefe Form der Wirbel bedingt (BEER, 1964). Abb. 3 zeigt das. Er forderte, dass derartige Erbfehler aus der Schweinezucht der damaligen DDR eliminiert werden sollen (BEER, 1964). KUNZE (2015) stellt jedoch fest, dass die beschriebene Form der Missbildung den Schwanzformen der Klasse I seinen Beobachtungen entsprechen und somit in der heutigen Zucht noch existent sind.

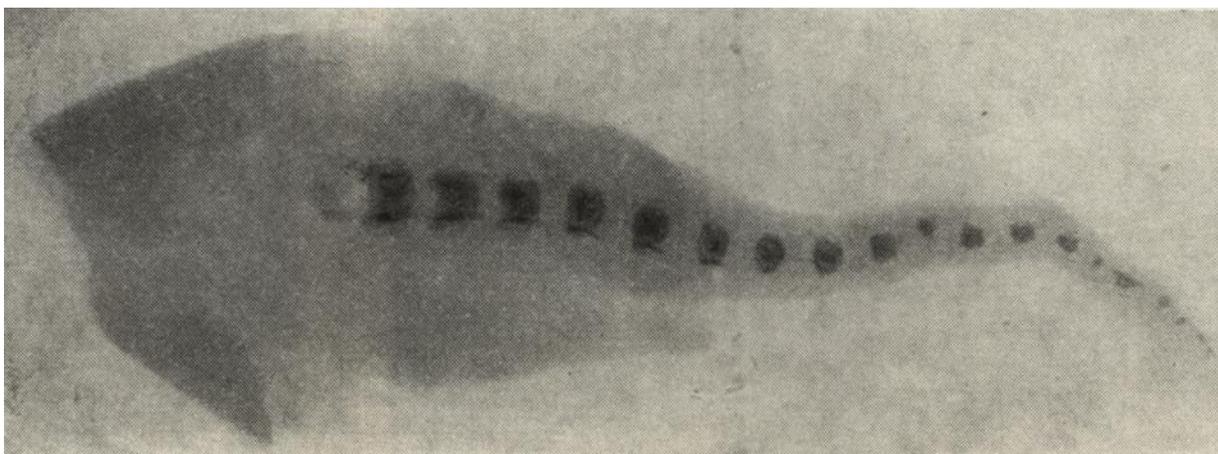


Abb. 3: Leichte Form der Schwanzanomalie (BEER, 1964).

Bei den Untersuchungen über erblich bedingte Missbildungen beim Schwein wurde eine weitere Form der Schwanzanomalien beobachtet (BEER, 1964). Nach BEER (1964) handelt es sich um eine Dislokalisierung der Wirbel (s. Abb. 4). KUNZE (2015) berichtet, dass die beobachteten Anomalien der Schwanzform-Klasse II in seiner Untersuchung entsprechen.

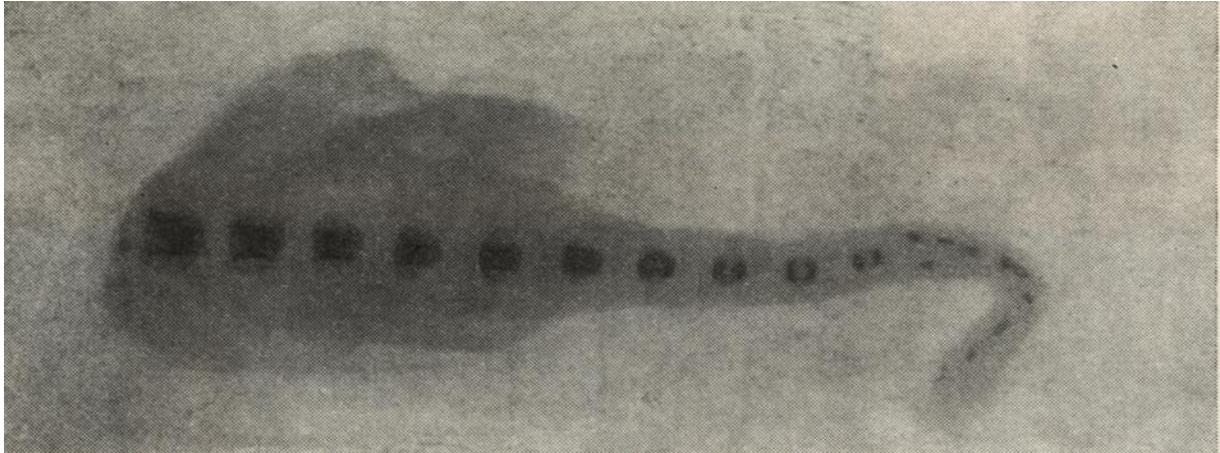


Abb. 4: Starke Form der Schwanzanomalie (BEER, 1964).

BEER (1964) beschreibt eine dritte auffällige Schwanzform. Es handelt sich um eine einseitige Verschmelzung von zwei Schwanzwirbeln, welche aufgrund der Verschmelzung eine Art Knoten bilden (BEER, 1964). Abb. 5 zeigt dies. Mit einem derartigen Knotenschwanz gehen oft verschiedene weitere Anomalien einher (BEER, 1964). Diese können die Nieren oder die Genitale betreffen (BEER, 1964). Darüber hinaus werden Hinterbeindeformationen, Missbildungen des Rüssels sowie der Zehen oder auch Gesichtsspalten in Verbindung mit stark verkürzten Schwänzen erwähnt (BEER, 1964). KUNZE (2015) konnte in seiner Untersuchung keine Ferkel, die einen derartig beschriebenen Knotenschwanz haben, feststellen.

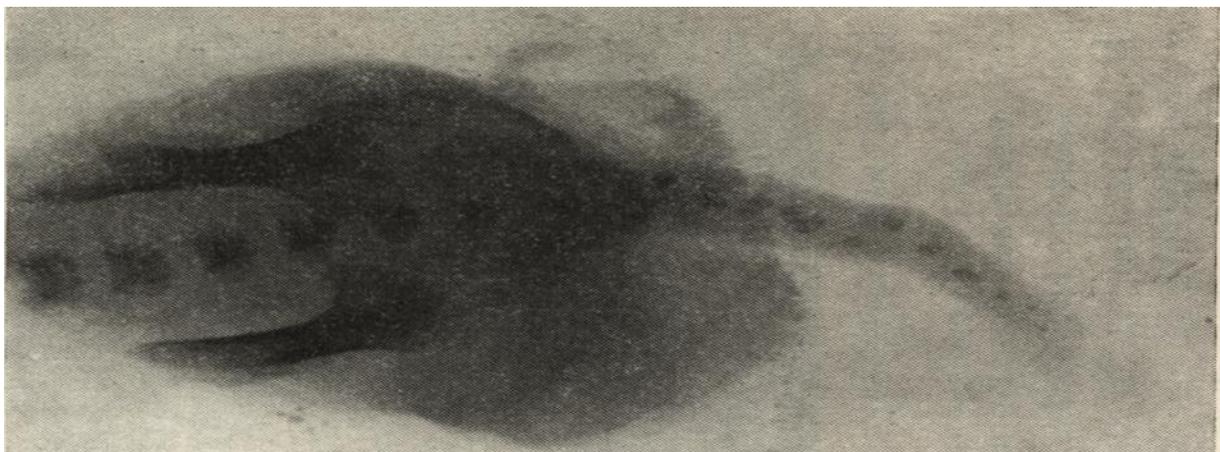


Abb. 5: Schwanzanomalie mit Knotenbildung (BEER, 1964).

2.5.2 Frequenz des Auftretens von Anomalien des Schwanzes

Nach KLEIN (2016) liegen bei 3,7% aller Ferkel Schwanzanomalien (Knickschwanz mit mind. 45°-igem Knick) vor. KUNZE et al. (2015-A) berichten von 4,01% Häufigkeit einer solchen Auffälligkeit. Klasse I war mit 1,34%, Klasse II mit 1,41% und Klasse III mit 1,26% der Tiere besetzt (KUNZE und WÄHNER, 2017). Nach SPURR (1969) treten Schwanzanomalien („kinky tail“) beim Schwein bei Kreuzung in 2,1% und unter Inzucht in 4,6% der Fälle auf. JACKSON und COCKCROFT (2007) beobachteten das Phänomen in bis zu 2% der Tiere.

2.5.3 Schwanzlänge von Ferkeln beim Auftreten von Anomalien des Schwanzes

Mit dem Auftreten einer Anomalie ist die Schwanzlänge signifikant ($p \leq 0,05$) verkürzt (KUNZE et al., 2015-A). Je schwerer die Form der Anomalie auftritt, desto kürzer ist die mittlere Schwanzlänge der Ferkel (KUNZE et al., 2015-A). Die längsten Schwänze sind beim Auftreten einer Anomalie um 1,60 cm kürzer und betragen 9,80 cm (KUNZE et al., 2016-C). In Tab. 2 sind die entsprechenden Werte aufgeführt.

Tab. 2: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform (KUNZE und WÄHNER, 2017; modifiziert; $n=1.273$).

Schwanzform		Schwanzlänge (cm)	
		MW \pm s	Min- Max
Normal	(Klasse 0)	8,55 ^a \pm 0,90	4,00 – 11,40
Winkel \ll 90°	(Klasse I)	7,61 ^b \pm 1,23	4,60 – 9,80
Winkel ca. 90°	(Klasse II)	7,17 ^b \pm 0,63	5,80 – 8,10
Winkel \gg 90°	(Klasse III)	6,90 ^b \pm 1,44	3,40 – 8,60
Gesamt	($n=1.273$)	8,50 \pm 0,94	3,40 – 11,40

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$

2.6 Anzahl der Wirbel beim Schwein

Das Schwein besitzt sieben Halswirbel (SALOMON, 2015-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; LYTLE und MEYER, 2010; NICKEL et al., 2004-A; GURLT et al., 1873-A). Es ist gekennzeichnet durch 13 (LYTLE und MEYER, 2010), 13 – 16 (LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A), 13 – 17 (SALOMON, 2015-B) oder 14 – 17 (GURLT et al., 1873-A) Brustwirbel. Sich daran anschließend hat es sieben (LYTLE und MEYER, 2010), fünf – sieben (SALOMON, 2015-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; GURLT et al., 1873-A) bzw. sechs – sieben (NICKEL et al., 2004-A) Lendenwirbel. Darüber

hinaus besitzt es drei (LYTLE und MEYER, 2010) bzw. vier Kreuzwirbel (SALOMON, 2015-B; LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A; GURLT et al., 1873-A; WAGNER, 1845). Sie werden auch Sakralwirbel genannt (LYTLE und MEYER, 2010). Diese bilden das Kreuzbein, das sog. Os sacrum (LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; NICKEL et al., 2004-A; vgl. Abb. 2). An das Kreuzbein schließen sich die Schwanzwirbel an (s. Tab. 3).

Tab. 3: Anzahl der Schwanzwirbel beim Schwein.

Anzahl Schwanzwirbel	Quelle
20 – 22	GURLT et al., 1873-A
20 – 23	SALOMON, 2015-B
	LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B
	LIEBICH und KÖNIG, 2012
	LYTLE und MEYER, 2010
	NICKEL et al., 2004-A
sehr unterschiedlich, max. 24	WAGNER, 1845
6 – 23, normalerweise aber ca. 20	DEFRA, 2002

2.7 Weitere Körpermerkmale neugeborener Ferkel

Als weitere Kennzahlen neben der Schwanzlänge der Ferkel spielen sowohl der Durchmesser (DM) des Schwanzes als auch die Körperlänge (KL) sowie das Gewicht der Ferkel eine wesentliche Rolle in der Erhebung phänotypischer Charakteristika.

2.7.1 Durchmesser des Schwanzes

Der Durchmesser des Schwanzes beträgt bei neugeborenen Ferkeln $0,92 \pm 0,13$ cm (KUNZE et al., 2016-A). Bei Ferkeln nach Kreuzungsanpaarung mit einem Pi- Vater beträgt der Durchmesser $0,86 \pm 0,13$ cm (KUNZE, 2015). In anderen Untersuchungen wurde ein Durchmesser von $0,70 \pm 0,15$ cm festgestellt (DEFRA, 2002). Die Werte schwanken dabei zwischen $0,40 - 1,40$ cm (KUNZE et al., 2016-A) bzw. $0,40 - 1,10$ cm (DEFRA, 2002). Jede Kombination aus Länge und Dicke ist denkbar (DEFRA, 2002).

2.7.2 Körperlänge

Die Körperlänge neugeborener Ferkel beträgt im Durchschnitt $30,11 \pm 3,03$ cm (KLEIN, 2016). Die Werte schwanken im Gesamten sowie auch in einem Wurf deutlich (KLEIN, 2016). Mit

gemessenen Werten zwischen 16,50 und 38,50 cm kommen KUNZE et al. (2016-A) zum gleichen Schluss einer großen Variabilität bezüglich des Merkmals. Der von ihnen gemessene Mittelwert (MW) beträgt $28,94 \pm 2,82$ cm (KUNZE et al., 2016-A). Die Körperlänge von Kreuzungsferkeln mit Pi- Vater beträgt mittlere $28,07 \pm 2,38$ cm (KUNZE, 2015). Die Ferkel mit einem Du- Vater haben mit $29,53 \pm 2,96$ cm einen signifikant ($p \leq 0,05$) längeren Körper (KUNZE, 2015). HALES et al. (2013) führten Untersuchungen an 3.402 Kreuzungsferkeln unter Beachtung ihrer Überlebensfähigkeit bis zum Absetzen durch (Dänische Landrasse x Dänische Yorkshire x Du). Die mittlere Körperlänge (LSM \pm SE) von überlebenden Ferkeln beträgt $24,6 \pm 0,04$ cm (HALES et al., 2013). Bei totgeborenen Ferkeln (tgF) beträgt der Wert $24,3 \pm 0,2$ cm (HALES et al., 2013). Ferkel, die binnen des ersten Lebensstages sterben sind $23,2 \pm 0,18$ cm lang (HALES et al., 2013). Die Körperlängen unterscheiden sich dabei signifikant bei $p < 0,001$ (HALES et al., 2013). Kürzere Körperlängen erscheinen hinsichtlich der Überlebensfähigkeit der Ferkel nachteilig (HALES et al., 2013). Daraus wird gefolgert, dass die Körperlänge, sowie auch das Gewicht bzw. vor allem in Verbindung dieser mit dem Gewicht, ein Kriterium darstellt, welches über die pränatale Überlebensfähigkeit Auskunft gibt (HALES et al., 2013). ASDELL und WILLMAN (1941) stellten an totgeborenen Ferkeln in Reinzucht (Berkshires, Chester Whites und Duroc-Jerseys) eine Körperlänge von $29,2 \pm 4,4$ cm fest.

PASTORELLI et al. (2009) fanden heraus, dass die Körperlänge neugeborener Ferkel im Durchschnitt 37,8 cm beträgt. Dabei wurde dieser Wert hier ab der Schnauze der Tiere erfasst und ist damit automatisch etwas länger, als in vergleichbaren Studien. Im Vergleich zu den älteren Sauen (38,0 cm; ab fünftem Wurf) waren die Körper der Ferkel der jüngeren Sauen (39,0 cm; zweiter bis vierter Wurf) um etwa 1,0 cm länger (PASTORELLI et al., 2009). Zwischen den unterschiedlich alten Sauen sowie bei verschiedenen Fütterungsversuchen der Sauen ergaben sich bei PASTORELLI et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede.

An Kreuzungstieren zwischen Wild- und Hausschwein wurde an zwei Ferkeln eine Länge von 34 bzw. 35 cm von der Schnauze bis zum Schwanz gemessen (LANDOIS, 1903). MOLAPO et al. (2007) zeigen, dass zwischen verschiedenen Rassen von in Lesotho heimischen Schweinen signifikante Unterschied ($p < 0,05$) bei gleichalten Tieren auftreten können. PAREDES et al. (2014) haben festgestellt, dass leistungsstärkere Ferkel nach 10 Wochen im Vergleich zu leistungsschwächeren Tieren einen 17 % längeren Körper aufweisen. Die Unterschiede sind signifikant (PAREDES et al., 2014). Auf ein kg Lebendgewicht bezogen zeigen jedoch die höher leistenden und damit schwereren Ferkel (30,0 vs. 18,8 kg) mit 2,4 vs. 3,2 cm/kg eine 32% und signifikant kleinere relative Körperlänge (PAREDES et al., 2014).

Die Körperlänge von Schweinen ist ein relativ hoch erbliches Merkmal. FUTUYMA (1990) gibt einen Wert von $h^2=0,5$ an.

2.7.3 Geburtsgewicht

Nach KLEIN (2016) beträgt das mittlere Gewicht neugeborener Ferkel $1,62 \pm 0,47$ kg. In weiteren Arbeiten wird ein Gewicht von $1,65 \pm 0,42$ kg (KUNZE et al., 2016-A) bzw. $1,54 \pm 0,34$ kg mit Pi- Vater (KUNZE, 2015) angegeben. HALES et al. (2013) berichten von einem Geburtsgewicht von $1,50 \pm 0,01$ kg (LSM \pm SE) bei Kreuzungsferkeln (Dänische Landrasse x Dänische Yorkshire x DU). Weitere Autoren geben ebenfalls 1,50 kg (BRANDT, 2013) bzw. $1,50 \pm 0,27$ kg (LINDERMAYER et al., 2011) an. Bei PASTORELLI et al. (2009) beträgt das mittlere Geburtsgewicht der Ferkel 1,65 kg und bei AIKINS- WILSON et al. (2021) $1,45 \pm 0,40$ kg. In der Düsser Sauenherde betrug 2014 das Geburtsgewicht der Ferkel 1,33 kg und im Folgejahr 1,27 kg (SCHOLZ, 2016). In der ökologischen Düsser Herde wiederum betrug das Geburtsgewicht der Ferkel im gleichen Zeitraum 1,51 bzw. 1,50 kg (SCHOLZ, 2016). An anderer Stelle werden Gewichte zwischen 1,29 und 1,58 kg (STALLJOHANN und PATZELT, 2011) bzw. von $1,63 \pm 0,40$ kg (ŠKORJANC et al., 2007) angegeben. DERKING (2015) beschreibt Geburtsgewichte zwischen 1,1 und 1,3 kg. HEINZE und RAU (2007) berichten von einem Geburtsgewicht von 1,44 bis 1,51 kg. MEYER (2014) erhob einem Mittelwert von 1,38 kg bei 13,23 Ferkeln/ Wurf.

Die Werte schwankten zwischen sowie innerhalb einzelner Würfe teils stark (KLEIN, 2016). KUNZE et al. (2016-A) berichten von Gewichten zwischen 0,53 – 3,40 kg. Nach MEYER (2014) reichen die Werte von 0,20 – 2,70 kg und auch AIKINS- WILSON et al. (2021) publizierten mit 0,26 – 2,95 kg derartige Werte. BRANDT (2013) gibt ca. 0,50 – 2,50 kg an und nach DERKING (2015) liegt das Geburtsgewicht zwischen 0,76 – 2,00 kg. Der Variationskoeffizient beträgt 25 – 26% (HEINZE und RAU, 2007) bzw. 27,8% (MEYER, 2014). Das Geburtsgewicht wird mit einer Heritabilität von $h_d^2=0,02$ (KAUFMANN et al., 2000) bzw. $h_d^2=0,03 - 0,16$ (RÖHE, 1999) direkt (dir.) vererbt. AIKINS- WILSON et al. (2021) geben Werte von $h_d^2=0,07 \pm 0,01$ an. Für die maternale Vererbung werden Werte von $h_m^2=0,10 \pm 0,03$ (AIKINS- WILSON et al., 2021), $h_m^2=0,21$ (KAUFMANN et al., 2000) bzw. $h_m^2=0,17 - 0,34$ (RÖHE, 1999) angegeben. TÄUBERT et al. (2003) weisen Werte von $h^2=0,098 - 0,147$ aus. Die phänotypische Varianz für das Merkmal Gew liegt bei $\sigma_p^2=0,13$ und die Restvarianz beträgt $\sigma_e^2=0,11$ (AIKINS- WILSON et al., 2021). Für die direkte genetische Varianz wurde $\sigma_a^2=0,01$, für die maternale genetische Varianz ebenfalls $\sigma_m^2=0,01$ und für die permanente Umweltvarianz $\sigma_c^2=0,00$ ermittelt (AIKINS- WILSON et al.,

2021). Ferner beträgt die Korrelation zwischen direktem und maternalem genetischen Effekt $r=-0,49$ und die allgemeine Wurfumwelt für das Gew $c^2=0,02$ (AIKINS- WILSON et al., 2021). Es wiegen 10- 12% aller Ferkel weniger als 1,0 kg und 4% wiegen unter 0,75 kg (HEINZE und RAU, 2007). Nach MEYER (2014) wiegen 9,8% unter 900 g und 4,9% unter 500 g. In 10% der Würfe beträgt die mittlere Geburtsumasse der Vollgeschwister unter 0,96 kg (DERKING, 2015). Dabei sind Ferkel mit einem Gewicht unter einem und besonders unter 0,75 kg überlebensschwach (HEINZE und RAU, 2007). Ab ca. 0,85 (MEYER, 2014) - 0,95 kg (BRANDT, 2013) beträgt die Überlebensrate nur 50%, auch trotz intensiver Betreuung (MEYER, 2014). Ferkel sind ab 0,8 kg aufzuchtfähig (HÖRÜGEL, 2004). Totgeborene Ferkel wiegen im Mittel $1,10 \pm 0,02$ kg und innerhalb des ersten Lebensstags verstorbene Ferkel $1,00 \pm 0,02$ kg zur Geburt (HALES et al., 2013). Für das Geburtsgewicht zwischen einer unterschiedlichen postnatalen Überlebensfähigkeit liegen signifikante Unterschiede $p<0,001$ vor (HALES et al., 2013). Die leichteren Ferkel haben ein erhöhtes Risiko, kurze Zeit nach der Geburt zu sterben (HALES et al., 2013). Dabei ist nicht das Geburtsgewicht allein, sondern auch die Gewichtsvariation im Wurf entscheidend für die Überlebensrate der Ferkel. Vor allem bei einer zunehmenden Variabilität der Gewichte ist, unabhängig von der Wurfnummer und -größe, eine geringere Überlebensrate der Ferkel zu beobachten (MILLIGAN et al., 2002). Dieser Effekt zeigt sich besonders stark bei eher niedrigem Niveau des Geburtsgewichts des Wurfs (MILLIGAN et al., 2002). Je größer die Würfe sind, desto geringer ist das mittlere Geburtsgewicht der Ferkel (HEINZE und RAU, 2007; ŠKORJANC et al., 2007). Ab 15 Ferkeln/ Wurf beträgt das Geburtsgewicht 1,44 kg und ab 17 Ferkeln/ Wurf 1,32 kg (HEINZE und RAU, 2007). Außerdem steigt der Anteil an leichten Ferkeln innerhalb eines Wurfs (HEINZE und RAU, 2007), womit wiederum eine steigende Gefahr des Erdrückens von Ferkeln durch die Sau einhergeht (MEYER, 2014). Im Bereich von 1,3 bis 1,6 kg werden optimale Ergebnisse hinsichtlich Ferkelverlusten erzielt (MEYER, 2014). Das Geburtsgewicht des Ferkels beeinflusst außerdem wesentlich seine Wachstumsleistung (HALES et al., 2013; SCHLEGEL et al., 1983).

Wenngleich Jungsauen (JS) im Vergleich zu Altsauen (AS) weniger Ferkel (-2 lebend geborene Ferkel (lgF)) aufweisen, unterscheiden sich die Geburtsgewichte je Ferkel nicht (LINDERMAYER et al., 2011). MILLIGAN et al. (2002) fanden dagegen signifikante Unterschiede zwischen JS und AS. Die Ferkel von JS (1,32 kg) sind leichter, als die der AS (ca. 1,39 – 1,47 kg) (MILLIGAN et al., 2002). Zwischen den Geschlechtern unterscheidet sich das Geburtsgewicht nicht signifikant (ŠKORJANC et al., 2007). Zwischen gering- und hochleistenden Ferkeln der Genetik Hypor Libra bestehen signifikante Unterschiede des Geburtsgewichts (PAREDES et al., 2014). Die Geburtsgewichte betragen 1,15 bzw. 1,54 kg (PAREDES et al., 2014). LANDOIS (1903) berichtete

von einem Geburtsgewicht von 1,15 – 1,35 kg bei Mischlingsferkeln von Wild- und Hausschwein.

2.8 Korrelationen zwischen der Schwanzlänge und weiteren Körpermerkmalen beim Schwein

KLEIN (2016) fand hochsignifikante Zusammenhänge zwischen der Schwanzlänge und der Körperlänge sowie dem Geburtsgewicht von Ferkeln heraus. Zwischen der Schwanz- und der Körperlänge liegt eine Korrelation von $r=0,561$ vor (KLEIN, 2016). Sie unterscheidet sich hier in Abhängigkeit vom Untersuchungsbetrieb und schwankt zwischen $r=0,557$ und $r=0,735$ (KLEIN, 2016). KLEIN (2016) schreibt dazu, dass bei den Rassen Duroc und Piétrain der Zusammenhang zwischen Schwanz- und Körperlänge unter Bedingungen der Reinzucht größer ausgeprägt ist als bei Kreuzungstieren. KUNZE et al. (2015-A) bestätigen generell signifikante Korrelationen ($p \leq 0,001$) in einem Bereich bis $r=0,608$. Demnach korrelieren Schwanz- und Körperlänge bei Kreuzungsferkeln auf einem Niveau von $r=0,598$ (KUNZE et al., 2016-B). Dies deckt sich in etwa mit den Aussagen von KLEIN (2016). Auch OLUWOLE und OMITOGUN (2016) ermittelten ähnliche Korrelationen mit $r=0,600 - 0,640$ zwischen Körper- und Schwanzlänge bei nigerianischen Tieren. RITCHIL et al. (2014) berechneten einen signifikanten Wert von ebenfalls $r=0,620$.

Schwanzlänge und Gewicht korrelieren mit $r=0,579$ (KLEIN, 2016). KUNZE et al. (2016-B) berichten von linearen Korrelationen in Höhe von $r=0,608$. Nach RITCHIL et al. (2014) beträgt der Wert $r=0,570$ und ist signifikant. In Untersuchungen an in Nigeria einheimischen Schweinen wurden in verschiedenen Rechnungen Korrelationen zwischen $r=0,66 - 0,76$ und ein Wert bei $r=0,90$ festgestellt (ADEOLA et al., 2013). In weiteren Erhebungen wurde ein Wert von $r=0,400$ für die nigerianischen und $r=0,840$ für nigerianische Kreuzungsschweine ermittelt (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016). AIKINS- WILSON et al. (2021) stellen in ihren Untersuchungen eine positive, moderate Korrelation in den direkt genetischen Effekten zwischen der Schwanzlänge und dem Geburtsgewicht von Ferkeln in Höhe von $r_{gd}=0,40 \pm 0,03$ bei einer genetischen Kovarianz von 0,66 heraus. Daraus resultiert, dass größere Ferkel auch längere Schwänze haben, was besonders mit der Zuchtausrichtung auf z.B. höhere Geburtsgewichte noch verstärkt wurde, aus der Perspektive der Züchtung auf kürzere Schwanzlängen jedoch kontraproduktiv ist (AIKINS- WILSON et al., 2021). Weiter zeigt sich, dass die direkt genetischen Korrelationen der Schwanzlänge zu später erhobenen Gewichten und der täglichen Zunahmeleistung im Bereich von $r_{gd}=0,03$ und damit deutlich geringer

ausfallen (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die Korrelation zwischen dem direkt genetischen Effekt der Schwanzlänge und dem maternal genetischen Effekt des Geburtsgewichts beträgt $r = 0,65 \pm 0,21$ mit einer genetischen Kovarianz von 0,51 (AIKINS- WILSON et al., 2021). Für die Korrelation des maternal genetischen Effekts der Schwanzlänge mit dem direkt genetischen Effekt des Geburtsgewichts wurde in der gleichen Untersuchung ein Wert von $r = 0,14 \pm 0,10$ und eine genetische Kovarianz von 0,08 ermittelt (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die Korrelation zwischen den maternal genetischen Effekten der Schwanzlänge und des Geburtsgewichts betragen $r_{gm} = 0,09 \pm 0,06$ bei einer genetischen Kovarianz von 0,07 (AIKINS- WILSON et al., 2021).

Die Korrelation zwischen Schwanzlänge und Durchmesser des Schwanzes des Ferkels liegt bei $r = 0,554$ (KUNZE et al., 2016-B). Die Korrelation von der Körperlänge zum Gewicht beträgt $r = 0,763$ (KLEIN, 2016) bzw. $r = 0,825$ (KUNZE et al., 2016-B). Andere Untersuchungen ergaben signifikante Korrelationen in Höhe von $r = 0,920$ (RITCHIL et al., 2014) oder $r = 0,977$ (SUNGIRAI et al., 2014). ADEOLA et al. (2013) ermittelten Werte von $r = 0,82 - 0,97$, wobei besonders die älteren Tiere höhere Werte zeigen. Nach MOLAPO et al. (2007) beträgt die Korrelation $r = 0,690$. Bei Wildschweinen wurde eine Korrelation von $r = 0,600$ ($p < 0,01$) zwischen der Körperlänge sowie dem ausgeweideten Gewicht festgestellt (BODNÁR et al., 2015). Männliche und weibliche Tiere liegen dabei auf einem Niveau (BODNÁR et al., 2015). Die Körperlänge korreliert zum Durchmesser des Schwanzes mit $r = 0,682$ (KUNZE et al., 2016-B). Gewicht des Ferkels und Durchmesser des Schwanzes korrelieren linear bei $r = 0,692$ (KUNZE et al., 2016-B).

2.9 Brachyury und Anury beim Tier

Das Auftreten von Kurzschwanzigkeit kann mit dem Begriff Brachyury beschrieben werden (RABE, 2009; HYTÖNEN et al., 2009; HERZOG, 2001). Es fehlen dem betroffenen Tier einige Schwanzwirbel (HERZOG, 2001). Anury beschreibt dagegen eine Schwanzlosigkeit (RABE, 2009; HYTÖNEN et al., 2009; HERZOG, 2001). Die Schwanzwirbel fehlen vollständig (HERZOG, 2001). Es handelt sich um muskuloskelettale Phänomene (RABE, 2009).

Brachyury ist ein T-Box- Transkriptions-Faktor (SCHOLZ und TECHNANU, 2003). Er spielt eine große Rolle bei der Entwicklung bilateraler Organismen (BUCKINGHAM et al., 2013; SCHOLZ und TECHNANU, 2003). Im Speziellen ist die Haploinsuffizienz von Brachyury für die Erklärung der Variabilität der Schwanzlänge entscheidend (BUCKINGHAM et al., 2013; HAWORTH et al., 2001). Bereits geringgradige Mutationen, sog. single nucleotide polymorphism (SNP), im Genom bzw. im T-Gen können große Auswirkungen auf den Phänotyp haben (BUCKINGHAM

et al., 2013). Die schwanzverkürzenden Mutationen liegen überwiegend im heterozygoten Zustand Tt (BUCKINGHAM et al., 2013; HYTÖNEN et al., 2009; RÉDEI, 2008; RUVINSKY et al., 2002, HAWORTH et al., 2001; DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKIA, 1927) vor und werden autosomal rezessiv (HYTÖNEN et al., 2009; BMEL, 2005; FUJIMOTO et al., 1991) vererbt. Die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit eines Organismus wird dabei kaum beeinflusst (HERZOG, 2001). Allerdings treten oft weitere Defekte in Verbindung mit Brachyury bzw. Anury auf (HERZOG, 2001). Im homozygoten Zustand TT sind derartige Mutationen häufig letal (HYTÖNEN et al., 2009; RÉDEI, 2008; INDREBØ et al., 2008; BMEL, 2005; HAWORTH et al., 2001; CARTER, 1976; BENNETT, 1975).

Neben dem klassischen T- Gen wurde durch RENNEBECK et al. (1998) ein zweites T- Gen (T2) identifiziert. Zu dem T- System gehören neben den beiden T- Genen auch die rezessiven Mutationen t-int sowie tct (RENNEBECK et al., 1998).

Brachyury und Anury liegen bei vielen Tierarten, wie Hund, Katze, Schwein (s. Abb. 6) und Rind vor (RÉDEI, 2008; HERZOG, 2001). Im T- Gen des Pambroke Welsh Corgi- Hundes z.B. kann eine Mutation bei diesem die Ausbildung eines kurzen Schwanzes bedingen (HAWORTH et al., 2001). Beim Schaf wurden Brachyury und Anury ebenfalls identifiziert (JAMES, 2006; HERZOG, 2001). Es tritt dort hauptsächlich in langschwänzigen Rassen auf (JAMES, 2006).

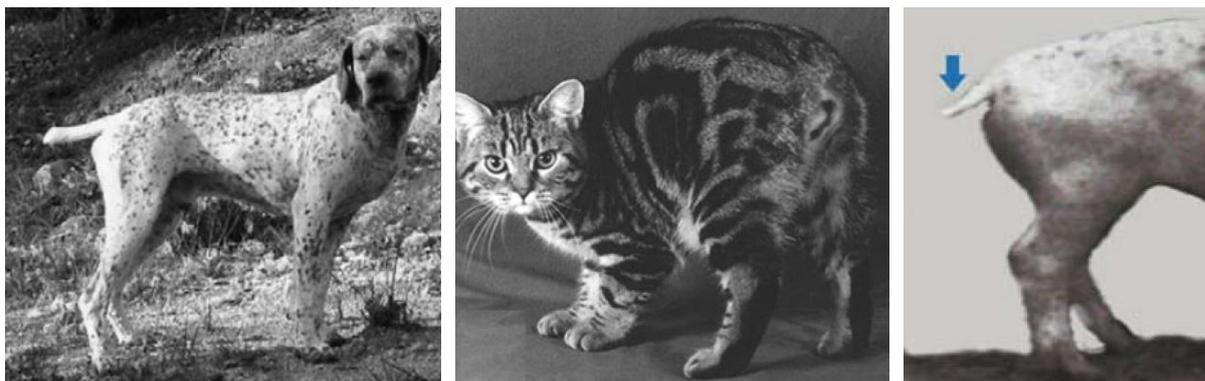


Abb. 6: Brachyury beim Bourbonnaiser Vorstehhund (Links; HYTÖNEN et al., 2009; Photo: Michaël Comte), Anury bei der Manx- Katze (Mitte; BUCKINGHAM et al., 2013) und Brachyury beim Schwein (Rechts; RÉDEI, 2008).

KERKMANN (2008) untersuchte ein Moorschnucke- Schaf. An dem Tier wurden verkürzte sowie verbogene Schwanzwirbel festgestellt (KERKMANN, 2008). Es zeigten sich zwei Knicke nach ventral sowie dorsal (KERKMANN, 2008). Drei Schwanzwirbel mit teils fast rechtwinkligen Knicken wurden beobachtet (KERKMANN, 2008). Auch das Kreuzbein war verschmolzen (KERKMANN, 2008). Die weitere Entwicklung des Tieres erfolgte normal und der Schwanz

eines Vollgeschwisters war normal ausgeprägt (KERKMANN, 2008). Als Diagnose stellte man Brachyury bzw. einen Knickschwanz (KERKMANN, 2008). Diese Besonderheit war angeboren (KERKMANN, 2008). Es ist bekannt, dass Knickschwänze aufgrund einer Keil- oder auch Blockwirbelbildung entstehen können (HERZOG, 2001). Keilwirbel sind zwischen zwei Wirbeln seitlich eingeschobene Wirbel (O`RAHILLY und MÜLLER, 2001). Teilweise verschmolzene Wirbel können einen Block bilden (OBSCHERNICAT, 2013).

2.10 Schwanzlängen bei anderen Tierarten

2.10.1 Schwanzlänge bei Schafen

Der Schwanz bei Wildschafen ist verhältnismäßig kurz (LYDEKKER, 1913). In domestizierten Schaftypen ist er dagegen grundsätzlich lang (SHELTON, 1977). Jedoch unterscheidet sich die SL zwischen unterschiedlichen Rassen (SHELTON, 1977). Zu den kurzschwänzigen Rassen zählt z.B. das Mufflon- Schaf (SHELTON, 1977). Es werden beim Schaf vier Hauptphänotypen der SL beschrieben (ALDERSON, 2016). Diese sind namentlich „fat-tailed“-, „fat- rumped“-, „long thin- tailed“- und „short thin- tailed“- Schafe (ALDERSON, 2016). MASON (1991) unterteilte in fünf Phänotypen. Hier wurden „long thin- tailed“- und „short thin- tailed“- Schafe in „long-tailed“-, „thin- tailed“- und „short tailed“- Schafe untergliedert (MASON, 1991). Besonders die beiden Klassen „fat- rumped“ und „short tailed“ haben einen kurzen Schwanz (ALDERSON, 2016; MASON, 1991).

Die Schwanzlänge beträgt in der ersten Lebenswoche bei männlichen Tieren $24,16 \pm 2,57$ cm (HAVERKAMP et al., 2015). Bei weiblichen Tieren beträgt sie $24,05 \pm 2,39$ cm (HAVERKAMP et al., 2015). Ein signifikanter Geschlechtsunterschied liegt damit vor (HAVERKAMP et al., 2015). Zum Schutz der Tiere, hauptsächlich aufgrund von Fliegenbefall, werden die Schwänze oftmals kurz nach der Geburt kupiert (BLE, 2017; JAMES, 2006; SHELTON, 1977). Ein Verzicht auf diese Maßnahme ist angedacht (BLE, 2017). Umsetzbare Alternativen liegen allerdings nicht vor (JAMES, 2006).

HAVERKAMP et al. (2015) sehen eine wesentliche Erkenntnis aus ihrer Untersuchung darin, dass ein hochsignifikanter, linearer Zusammenhang ($r=0,833$) zwischen der Schwanzlänge der Merinolandschafe in der ersten und der 14. Lebenswoche besteht. Es lässt sich hier also mit hoher Wahrscheinlichkeit, ausgehend von der Schwanzlänge der Tiere kurz nach der Geburt, auf die spätere Schwanzlänge schließen (HAVERKAMP et al., 2015).

JAMES (2006) führt aus, dass grundsätzlich zwei Wege der Vererbung denkbar sind. Bei normalen Phänotypen in kurz- sowie langschwänzigen Rassen wird die Schwanzlänge quantitativ über mehrere Gene vererbt (JAMES, 2006). Bei sehr kurzschwänzigen Phänotypen in langschwänzigen Rassen wird eine Vererbung über ein Gen oder einige wenige Gene angenommen (JAMES, 2006). SCOBIE und O'CONNELL (2002) vertreten den ersten Weg. Demnach wird die Schwanzlänge wahrscheinlich von mehreren Loci kontrolliert, welche einen additiven Effekt haben (SCOBIE und O'CONNELL, 2002). Der zweite Weg, bei sehr kurzschwänzigen Phänotypen in langschwänzigen Rassen, wurde mit einer Häufigkeit von 0,01% (ERCANBRACK und PRICE, 1971) bzw. 0,02% (ERCANBRACK und KNIGHT, 1978) beobachtet.

Die Schwanzlänge bei Schafen ist offensichtlich ein hochvererbtes Merkmal (SCOBIE und O'CONNELL, 2002). Die Heritabilität der Schwanzlänge bei Schafen in der ersten Lebenswoche beträgt $h^2=0,51 \pm 0,14$ (HAVERKAMP et al., 2015). Werte von $h^2=0,50$ und $h^2=0,77$ (BRANFORD OLTENACU und BOYLAN, 1974), $h^2=0,34$, $h^2=0,39$ bei langschwänzigen und $h^2=0,71$ bei kurzschwänzigen Rassen (SHELTON, 1977) bzw. $h^2=0,82 \pm 0,10$ (SCOBIE und O'CONNELL, 2002) werden von weiteren Autoren in verschiedenen Rassen angegeben. ALDERSON (2016) berichtet wie SHELTON von höheren Heritabilitäten in kurzschwänzigeren Rassen. Die Werte liegen zwischen $h^2=0,30$ und $h^2=0,50$ bei längeren Schwänzen und $h^2=0,75$ bei kürzeren Schwänzen (ALDERSON, 2016). JAMES (2006) beschreibt sie als moderat bis hoch. Ein zügiger Zuchtfortschritt erscheint daher vorstellbar (JAMES, 2006).

Das Körpergewicht und die Schwanzlänge der Schafe korrelieren signifikant miteinander (HAVERKAMP et al., 2015). In der ersten Lebenswoche beträgt die Korrelation $r=0,518$ (HAVERKAMP et al., 2015). Nach 14 Wochen liegt die Korrelation bei $r=0,472$ (HAVERKAMP et al., 2015). SHELTON (1977) konnte keine Korrelationen zwischen der Schwanzlänge der Schafe und deren 120-Tage-Gewicht feststellen.

Die Phänomene Anury und Brachyury werden bei Schafen beobachtet (JAMES, 2006; HERZOG, 2001). Sie treten v.a. in langschwänzigen Schafrassen auf und gehen oft mit anderen muskuloskelettalen Defekten einher (JAMES, 2006). DENNIS' (1972) Untersuchungen an ca. 4.500 Lämmern zufolge zeigen 0,4% der Tiere verkürzte Schwänze und 0,1% sind schwanzlos. Verschiedene Anpaarungsversuche, teils über viele Jahre, wurden durchgeführt (JAMES, 2006). Sie brachten jedoch nur bedingten Erfolg (JAMES, 2006). Es sollte z.B. die Rasse „No Tail“ in den USA gezüchtet werden (WILSON, 1940; JORDAN, 1952). Erst nach fünf Generationen wurde das erste Lamm ohne Schwanz geboren und nach 50 Jahren waren nur ca. 40% der Population

schwanzlos (WILSON, 1940; JORDAN, 1952). Daher wird eine rezessive Vererbung mit multiplen Faktoren vermutet (WILSON, 1940; JORDAN, 1952). SCOBIE und O'CONNELL (2002) berichten, dass der Versuch der Züchtung „genetisch kupierter“ Schafe an der verringerten Überlebensfähigkeit homozygoter Embryonen gescheitert ist. CARTER (1976) stellte Schwanzlosigkeit als Ergebnis eines einfachen dominanten Faktors fest. Auch HERZOG (2001) beschreibt Brachyury und Anury beim Schaf als (autosomal) dominanten Erbgang. Variable Hypoplasien der Schwanzwirbel werden gleichzeitig beobachtet (CARTER, 1976). Im homozygoten Zustand liegt ebenfalls embryonale Letalität vor (HERZOG, 2001; CARTER, 1976). SHELTON (1977) merkt an, dass es nicht klar ist, ob mit verkürzter Schwanzlänge auf das Kupieren der Schwänze verzichtet werden kann. Aufgrund der Ursachen des Kupierens beim Schaf, v.a. der Fliegenbefall, wird vermutlich trotz verkürzter Schwanzlänge der Tiere weiterhin kupiert werden, weshalb die Zucht auf einen kürzeren Schwanz daher offenbar nicht die alleinige Lösung zur Vermeidung des Eingriffs darstellt (SCOBIE und O'CONNELL, 2002).

Die Schwanzlänge beim Schaf wird von der Skelettgröße und der Größe sowie auch der Anzahl der einzelnen Schwanzwirbel bestimmt (ALDERSON, 2016). Dabei ist die Schwanzlänge jedoch kein exakter Anzeiger für die Zahl der Schwanzwirbel (ALDERSON, 2016). SHELTON (1977) stellte in Röntgenabbildungen von Schwänzen der kurzschwänzigen Mufflon- Schafe 11 Schwanzwirbel fest (SHELTON, 1977). Langschwänzige Rambouillet besitzen 18-24 Schwanzwirbel (SHELTON, 1977). In den Tieren der 1. Filialgeneration (F1) dieser beiden Rassen wurden 14-15 Schwanzwirbel festgestellt (SHELTON, 1977). Die Schwanzlänge war dabei deutlich verkürzt (SHELTON, 1977). ALDERSON (2016) bestätigt grundsätzlich deutliche Unterschiede zwischen kurz- (11-14) und langschwänzigen (20-24) Schafen bzgl. der Anzahl der Schwanzwirbel. Allgemein richtet sich die Anzahl bei Kreuzungstieren eher nach der des kurzschwänzigen Elternteils (ALDERSON, 2016). Ebenfalls in Röntgenaufnahmen wurden bei Merinolandschafen 19-24 Schwanzwirbel festgestellt (HAVERKAMP et al., 2015). Dabei wurden zahlreiche Fehlbildungen der Schwanzwirbel, wie die Bildung von Blockwirbel, beobachtet (HAVERKAMP et al., 2015). Blockwirbel sind miteinander verschmolzene Wirbel (NODEN und DE LAHUNTA, 1985). Diese treten v.a. schwanzspitzenwärts im letzten Drittel auf (HAVERKAMP et al., 2015). Sie erschweren das korrekte Bestimmen der Wirbelanzahl (WZ) (HAVERKAMP et al., 2015). Auf mögliche Ähnlichkeiten in der Schwanzlänge und -form zwischen den Tierarten Schaf und Schwein wird in der Literatur hingewiesen (KUNZE et al., 2016-B).

2.10.2 Schwanzlänge bei Mäusen

Mäuse haben im Vergleich zur Körperlänge einen relativ langen Schwanz (KANBAY, 2010). Er ist ca. 7-9 cm lang und damit der Kopf- Rumpf- Länge nahezu identisch (BARNETT, 1965; KANBAY, 2010). Das Merkmal wird mit $h^2=0,6$ vererbt (FUTUYMA, 1990). Die Maus dient häufig als wissenschaftliches Modelltier (BMEL, 2015). Entsprechend wurden hier Untersuchungen zur Schwanzlänge sowie zu beeinflussenden Faktoren durchgeführt.

BARNETT (1965) stellte dabei heraus, dass verschiedene Mausstämme unterschiedliche Schwanzlängen haben. Dabei wurde eine je proportional zur Schwanzlänge passende und damit unterschiedliche Schwanzwirbelanzahl festgestellt (BARNETT, 1965). Unter kalten Umgebungstemperaturen bei -3°C sind im Vergleich zu wärmeren Temperaturen von $+21^{\circ}\text{C}$ kürzere Schwänze sowie eine geringere Zahl an Schwanzwirbeln festgestellt worden (BARNETT, 1965). Ferner wurde beobachtet, dass in einem Stamm mit verhältnismäßig kurzer mittlerer Schwanzlänge einige Knicke bzw. Knoten im Schwanz auftraten (BARNETT, 1965).

Die Wissenschaftler waren bestrebt, chromosomale Regionen zu identifizieren, welche mit der T- Box- Genfamilie bzw. dem Brachyury- Protein assoziiert waren (RUVINSKY et al., 2002). DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKIA (1927) sowie KORZH und GRUNWALD (2001) fanden z.B. heraus, dass Mutationen im T-Gen heterozygot zu Kurzschwänzigkeit und homozygot zum embryonalen Sterben führen können. Es wurden darüber hinaus weitere Moleküle bzw. Loci beschrieben, welche T scheinbar regulieren und damit die Ausprägung der Schwanzlänge beeinflussen (AGULNIK et al., 1998; FUJIMOTO et al., 1995; ARTZT et al., 1987; MICHIE, 1956). FUJIMOTO et al. (1991) haben die autosomal rezessive Mutation „brachyury- interacting tail length modifier“ (btm) erforscht. Btm befindet sich im t-Komplex auf dem Chromosom 17 (FUJIMOTO et al., 1995). Es handelt sich bei btm um einen t-Haplotypen (FUJIMOTO et al., 1995). Bei homozygoter Ausprägung von btm liegt Kurzschwänzigkeit vor (FUJIMOTO et al., 1995). Bei Interaktion mit dem T-Gen kommt es zur Schwanzlosigkeit, wobei die Mäuse dann jedoch sehr früh, noch bis zur Entwöhnung, sterben (FUJIMOTO et al., 1994).

Bei einem dominanten, heterozygoten Auftreten des T- Allels ist die Schwanzlänge der Mäuse verkürzt (DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKAIA, 1927). Der Effekt des verkürzten Schwanzes wird erhöht durch den „t complex tail interaction“ (tct)- Faktor (DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKALA und KOBOZIEFF, 1932). Der Prozess wird allerdings durch tct lediglich unterstützt und nicht allein durch ihn initiiert (LYON und MEREDITH, 1964). Solche T/tct- Mäuse sind schwanzlos, lebensfähig und sind darüber hinaus auch fruchtbar (DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKALA und

KOBOZIEFF, 1932). Mäuse mit *tet* im homozygoten Zustand sind dagegen nicht überlebensfähig und sterben embryonal (BENNETT, 1975).

RUVINSKY et al. (2002) beschreiben die Mutation „Abnormal feet and tail“ (Aft). Auch diese Mutation interagiert mit dem T- bzw. Brachyury- Gen. Bei heterozygotem Auftreten bilden sich bei Mäusen Knicke im Schwanz aus (RUVINSKY et al., 2002). Diese sind in Abb. 7 abgebildet. Sie entstehen aufgrund von knorpeligen Überlagerungen und daraus resultierenden knöchernen Verzerrungen (RUVINSKY et al., 2002).



Abb. 7: Phänotyp mit Aft - Mutation *Aft*+/+ (links) und Knochenstruktur des dazugehörigen Schwanzes (rechts) (RUVINSKY et al., 2002).

Laut RUVINSKY et al. (2002) wurden schwanzlose Mäuse gezüchtet. Diese waren jeweils für *Aft* als auch für T heterozygot (RUVINSKY et al., 2002). Es wird geschlussfolgert, dass beide, bei einer geringen Penetranz von 8,5%, miteinander interagieren (RUVINSKY et al., 2002). Zu diesem Schluss gelangen die Wissenschaftler um RUVINSKY et al. (2002), da T offensichtlich von *Aft* unterstützt wird. Außerdem reguliert T entscheidend die knorpelige Ausbildung des Schwanzes des Mäuseembryos (HOFFMANN et al., 2002).

2.10.3 Schwanzlänge bei Hunden

Die Schwanzlänge beim Hund ist variabel ausgeprägt (HAWORTH et al., 2001). Es gibt viele verschiedene Phänotypen (HYTÖNEN et al., 2009). Kurzschwänzige Hunde sind in vielen Rassen anzutreffen (HYTÖNEN et al., 2009). Als Beispiele seien Welsh Corgi Pembroke, der Katalanische Schäferhund oder auch der österreichische Kurzhaarpinscher genannt (OBSCHERNICAT, 2013). Ebenso variabel ist die Zahl der Schwanzwirbel (HYTÖNEN et al., 2009; HAWORTH et al., 2001). Sie schwankt zwischen sechs und 23 (HAWORTH et al., 2001). Bei normalen Schwanzlängen beträgt die Zahl mind. 20 Wirbel (OBSCHERNICAT, 2013). Kurzschwänzige Hunde haben dagegen nur bis zu 10 Schwanzwirbel (OBSCHERNICAT, 2013). Auch bei der Tierart Hund spielt das Kupieren der Schwänze eine nicht unwesentliche Rolle (AVMA, 2013; ALDERMAN, 1993). In diversen Rassen geschieht dieser Vorgang mit erhöhter Frequenz (AVMA, 2013). Dafür liegen verschiedene Gründe vor. Hygienische Gründe,

Schwanzverletzungen und ein verringerter Rassestandard seien stellvertretend genannt (ALDERMAN, 1993). Wahrscheinlich gab es bisher keine Selektion auf eine reduzierte Schwanzlänge bei Rassen, in welchen kupiert wird (ALDERMAN, 1993).

Brachyury und Anury ist auch beim Hund bekannt (HYTÖNEN et al., 2009; BMEL, 2005; HERZOG, 2001). Diese Verkürzung der Schwanzwirbelsäule kann variabel ausgeprägt sein und bis zur totalen Schwanzlosigkeit führen (BMEL, 2005; HERZOG, 2001). Die Vererbung erfolgt autosomal rezessiv (BMEL, 2005; HERZOG, 2001). Weitere Gene scheinen aufgrund der hohen phänotypischen Variabilität allerdings an der Vererbung beteiligt zu sein (HERZOG, 2001; KLODNITZKY und SPETT, 1925). Die T-Gen-Mutation C295G z.B. kann sowohl Brachyury als auch Anury hervorrufen (HYTÖNEN et al., 2009). Sie ist im Exon 1 des T-Gens lokalisiert (HAWORTH et al., 2001). Ein SNP der Basen C zu G führt so zu einem Austausch von Methionin zu Isoleucin (HAWORTH et al., 2001). Es wurde ein in vielen Rassen ($n_{\text{Rassen}}=17$) sehr hoher Zusammenhang zwischen der besagten Mutation und einem kurzschwänzigen Phänotyp herausgestellt (HYTÖNEN et al., 2009). Die langschwänzigen Hunde trugen die Mutation nicht (HYTÖNEN et al., 2009). Die Mutation wird rezessiv vererbt (HYTÖNEN et al., 2009). Sie liegt heterozygot vor (HYTÖNEN et al., 2009; HAWORTH et al., 2001). Große Variabilitäten in der Schwanzlänge sowie der Anzahl an möglichen Knicken im Schwanz unterstreichen diese Ansicht (HYTÖNEN et al., 2009). Die Forscher vermuten embryonale Sterblichkeit bei Homozygotie der Mutation (HYTÖNEN et al., 2009; HAWORTH et al., 2001) sowie noch andere genetische Einflüsse auf den Phänotyp der Schwanzlänge (HYTÖNEN et al., 2009). Es wird davon ausgegangen, dass die Mutation im T-Gen nicht alle kurzschwänzigen Phänotypen allein erklärt (HYTÖNEN et al., 2009). In einigen Rassen, wie Rottweiler oder Boston Terrier, wurden ebenfalls kurze Schwänze beobachtet (HYTÖNEN et al., 2009). Hier konnte die identifizierte Mutation nicht nachgewiesen werden (HYTÖNEN et al., 2009).

In dem Fall, dass beide Eltern heterozygote Kurzschwänzigkeit zeigen (Rasse: Västgötaspets bzw. Schwedischer Vallhund), wurde ein Rückgang der Wurfgröße um 29% festgestellt (HYTÖNEN et al., 2009). Daraus suggerieren die Wissenschaftler eine entscheidende Rolle des T-Gens während der Embryogenese beim Hund (HYTÖNEN et al., 2009). Das Ergebnis entspricht der theoretisch auftretenden Häufigkeit des Phänotyps von 25%, wenn beide Eltern heterozygote Merkmalsträger sind und homozygote Sterblichkeit angenommen wird (HYTÖNEN et al., 2009).

Unterschiedliche Anomalien wurden beim Hund beobachtet. Sie treten zu ca. 50% v.a. im letzten Drittel des Schwanzes auf (OBSCHERNICAT, 2013, zitiert nach Tellhelm). Ein „kinked

tail“ wird autosomal rezessiv vererbt (OBSCHERNICAT, 2013). Stellenweise Verschmelzung von Wirbeln und ein somit zumeist unvollständiger Block kennzeichnen diesen Schwanztyp (OBSCHERNICAT, 2013). Ein „Block“ mit verschmolzenen Wirbeln wird ebenfalls autosomal rezessiv vererbt (OBSCHERNICAT, 2013). Dieser Schwanztyp macht insg. 25-30% der Anomalien aus (OBSCHERNICAT, 2013). Der Block bildet sich vorrangig am ersten Drittel des Schwanzes (OBSCHERNICAT, 2013). Ein keilförmiger „Wedge“ vertebra oder ein halber „half“ vertebra wird polygenetisch autosomal vererbt (OBSCHERNICAT, 2013). Die Wirbeldeformation liegt hier besonders einseitig vor (OBSCHERNICAT, 2013). Auch ein missgebildeter „malformed“ vertebra wird autosomal rezessiv vererbt (OBSCHERNICAT, 2013). Ein polygenetischer Einfluss liegt vor (OBSCHERNICAT, 2013). Eine weitere Schwanzform liegt bei an bestimmten Stellen missgebildeten, „transitional“, vertebra vor (OBSCHERNICAT, 2013). Die Vererbung erfolgt auch an dieser Stelle autosomal rezessiv (OBSCHERNICAT, 2013).

Verkrüppelungen des Schwanzes können mit verkürzten Schwänzen einhergehen, welche auch als Korkenzieher- oder Knickschwanz bezeichnet werden (BMEL, 2005; HERZOG, 2001). Diese entsprechen damit dem kinked bzw. auch block tail. Die Korkenzieher- oder Knickschwänze werden auch autosomal rezessiv vererbt (BMEL, 2005). Rassebeispiele, bei denen derartig geformte Schwänze anzutreffen sind, sind Mops, Bobtail, Cocker Spaniel, Rottweiler oder auch die Frz. Bulldogge (BMEL, 2005). Es ist ferner ein Auftreten von Knotenschwänzen bekannt, welche zusammen mit weiteren Wirbelsäulendefekten vorkommen (FINGEROTH et al., 1989). Einen „curved tail“, also einen Schwanz mit multiplen Knicken, können Bulldogge, Boston Terrier, Eurasier oder auch Dt. Spitz haben (OBSCHERNICAT, 2013). Ein Zuchtverbot für Tiere, die an multiplen Stellen der Wirbelsäule Defekte aufweisen, ist gefordert (BMEL, 2005).

2.10.4 Schwanzlänge bei Katzen

Wie beim Hund sind variable Schwanzlängen auch bei Katzen bekannt (BUCKINGHAM et al., 2013). Kurzschwanzigkeit bzw. Schwanzlosigkeit wird hier als monogenes Merkmal vererbt (BMEL, 2005). Verkürzte Schwänze können jedoch zu einer Störung der arteigenen Schwanzfunktionen, wie Steuerung von Bewegungsabläufen, führen (BMEL, 2005). Eine verkürzte Schwanzlänge tritt v.a. bei den Rassen Manx, Japanese Bobtail, Kuriliann Bobtail (BUCKINGHAM et al., 2013; BMEL, 2005; HERZOG, 2001), Cymric (BMEL, 2005), American Bobtail sowie Pixie- Bob (BUCKINGHAM et al., 2013) in Erscheinung.

Untersuchungen des T- Gens von Manx- Katzen haben ergeben, dass verschiedene Mutationen hier zur Kurzschwanzigkeit führen können (BUCKINGHAM et al., 2013). Langschwänzige Tiere

trugen dagegen die T-Allele in ihrer Wildform (BUCKINGHAM et al., 2013). Als Mutation wurde in drei Fällen das Fehlen und in einem Fall die Verdopplung von je einem Basenpaar entdeckt (BUCKINGHAM et al., 2013). Die Mutationen bedingen ein Abtrennen des Carboxy-terminalen Endes des Brachyury-Proteins und liegen bei kurzschwänzigen Katzen im Regelfall heterozygot vor (BUCKINGHAM et al., 2013). Weitere genetische sowie Umwelteinflüsse werden angenommen (BUCKINGHAM et al., 2013).

Die Schwanzlosigkeit der Manx-Katzen wird aufgrund des Gens M verursacht (DEFOREST und BASRUR, 1979). Es handelt sich um einen autosomal dominanten Erbgang (DEFOREST und BASRUR, 1979; KITCHEN et al., 1972). Im heterozygoten Zustand liegt ein verkürzter Schwanz vor, während ein homozygotes Auftreten des Gens zur embryonalen Letalität führt (BMEL, 2005). Die Kurzschwanzigkeit bei Manx-Katzen kann in verschiedenen Phänotypen auftreten (HERZOG, 2001). Es gibt verkürzte, aufgerollte Schwänze (BMEL, 2005) sowie „tailed“ Katzen mit geraden, kurzen Schwänzen (BMEL, 2005; HERZOG, 2001). Neben diesen Formen gibt es die „rumpy-riser“, „high-riser“ bzw. auch „stumpy“ Katzen, mit einem Stummelschwanz (BMEL, 2005; HERZOG, 2001; KITCHEN et al., 1972). Bei diesen Katzen stehen einige Schwanzwirbel aufrecht (HERZOG, 2001). Katzen des Typs „rumpy“ sind völlig schwanzlos und haben eine kleine Einbuchtung anstelle des Schwanzes (BMEL, 2005; HERZOG, 2001; KITCHEN et al., 1972). Ungefähr 20% der Manx-Katzen mit einem kürzeren Schwanz haben mindestens eine weitere angeborene Anomalie (BUCKINGHAM et al., 2013). Davon wurden wiederum ca. 90% bei völlig schwanzlosen Katzen gefunden (BUCKINGHAM et al., 2013). Andere Arbeiten bestätigen, dass kürzere Schwänze oftmals mit Wirbelmissbildungen einhergehen (BMEL, 2005). Spina bifida, Urin- und Kotinkontinenz sowie Störungen des Bewegungsapparates sind weitere Komplexe, welche mit einem schwanzverkürzenden Zustand bei Manx-Katzen vergesellschaftet sind (DEFOREST und BASRUR, 1979). Diese Probleme gehen auf Störungen der Entwicklung des zentralen Nervensystems im frühembryonalen Organismus zurück (DEFOREST und BASRUR, 1979). Vor allem „rumpy“- und „stumpy“- Typen sind betroffen (HERZOG, 2001). Darüber hinaus weisen schwanzlose Katzen eine kürzere Lebensdauer auf (HERZOG, 2001). Für die Rassen Manx und Cymric wurde in einem Gutachten des BMEL (2005) zum Tierschutz die Empfehlung des Zuchtverbotes ausgesprochen. Als Begründung wurde angegeben, dass die Funktionen des Schwanzes im verkürzten sowie fehlenden Zustand erheblich eingeschränkt sind (HERZOG, 2001).

Katzen haben normalerweise 22 bis 23 (LYTLE und MEYER, 2010) bzw. 18 bis 23 (DEFOREST und BASRUR, 1979) Schwanzwirbel. Im Typ „rumpy“ bzw. bei Vorliegen von Anury haben die

betroffenen Tiere keine Schwanzwirbel (DEFOREST und BASRUR, 1979; KITCHEN et al., 1972; HOWELL und SIEGEL, 1963). „Rumpy-riser“ Katzen besitzen zwischen einem und sieben Schwanzwirbel (HOWELL und SIEGEL, 1963). Bei „Stumpy“ werden zwei bis 14 (HOWELL und SIEGEL, 1963) bzw. fünf bis sieben (DEFOREST und BASRUR, 1979) Schwanzwirbel gezählt. Das Fehlen von einem Teil des Rückenmarks hängt nach DEFOREST und BASRUR (1979) bei den Manx- Katzen signifikant mit der Entwicklung eines kurzen Schwanzes zusammen.

Ein Knickschwanz ist bei Katzen ein monogener Erbfehler (BMEL, 2005). Der Schwanz ist in unterschiedlicher Ausprägung geknickt oder verkrümmt (BMEL, 2005). Bei den Rassen Japanese Bobtail und Kurilian Bobtail z.B. wurden geknickte Schwänze beobachtet (BUCKINGHAM et al., 2013). Mit dem Auftreten eines Knickschwanzes gehen oftmals weitere Veränderungen der kaudalen Wirbelsäule einher (BMEL, 2005).

2.10.5 Schwanzlänge bei Rindern

Schwanzlosigkeit gilt nach HUSTON und WEARDEN (1958) beim Rind als angeborener Defekt. HERZOG (2001) berichtet ebenfalls, dass Brachyury und Anury auch beim Rind beobachtet werden können. Diese Erscheinungen treten hier u.a. in den Rassen Dt. Schwarzbunt, Dt. Rotbunt, Dt. Fleckvieh (HERZOG, 2001) sowie Angus, Hereford oder auch Jersey (HUSTON und WEARDEN, 1958) auf. Die Vererbung erfolgt polyfaktoriell (HERZOG, 2001). Die Frequenz des Auftretens liegt bei 0,005-0,03% (HUSTON und WEARDEN, 1958). Wie bei anderen Tierarten ebenso bekannt, erscheinen in diesem Zusammenhang weitere Missbildungen, wie Wirbelsäulendefekte oder Steifheit der Hintergliedmaßen (HUSTON und WEARDEN, 1958). Von den schwanzlosen Kälbern haben 75% neben dem schwanzlosen Charakter weitere angeborene Defekte (HERZOG, 2001). Es sind Beobachtungen zufolge mehr als doppelt so viele weibliche wie männliche Tiere von dem kongenitalen Defekt betroffen (HUSTON und WEARDEN, 1958). Die Träger des beschriebenen Phänotyps stammen eher von älteren Müttern ohne genetische Vorbelastung hinsichtlich der Anomalie ab (HUSTON und WEARDEN, 1958).

2.11 Verfahren der Sonographie – Ultraschall

Es ist nicht möglich, die Schwanzwirbel der Ferkel an der Außenseite des Schwanzes zu erfühlen (DEFRA, 2002). Besonders gilt dies an den ersten Lebensstagen der Tiere, denn der Schwanz gleicht dann vielmehr einem knorpeligen Stab (DEFRA, 2002). Eine praktikable Methode zur Bestimmung der Anzahl an Schwanzwirbeln stellt das Ultraschallverfahren dar.

2.11.1 Prinzip und Funktionsweise des Verfahrens

BOSELNANN (2013) führte die physikalischen und technischen Grundlagen des Ultraschallverfahrens aus. Er beschreibt, dass der Ultraschallbereich bei einer Frequenz zwischen 20 KHz und einem GHz liegt (BOSELNANN, 2013). Der Bereich erstreckt sich also zwischen 20.000 und 1.000.000.000 Schwingungen pro Sekunde. Der Ultraschall (US) befindet sich damit zwischen dem Hörschall und dem Hyperschall (BOSELNANN, 2013). In medizinischen Anwendungen wird für US eine Frequenz von zwei bis 30 MHz verwendet (BOSELNANN, 2013).

Das US- Verfahren beruht auf dem Prinzip der Schallwellen (BOSELNANN, 2013). Es erfolgt die Anregung eines Teilchens zur Schwingung, wobei diese Schwingung dann auf das benachbarte Teilchen weitergegeben wird (BOSELNANN, 2013). Die Ausbreitung der Bewegungsenergie im Medium erfolgt sinusförmig (BOSELNANN, 2013). Die kontinuierliche Übertragung der Energie ist eine Schallwelle (BOSELNANN, 2013). In zähen Flüssigkeiten und auch in Geweben erfolgt die Ausbreitung als Longitudinalwelle, womit die Teilchen längs zur Ausbreitungsrichtung schwingen (BOSELNANN, 2013). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle wird von der jeweiligen Gewebedichte bestimmt (BOSELNANN, 2013). Bei einem dichteren Gewebe breitet sich die Welle mit einer höheren Schallgeschwindigkeit aus, weil die Teilchen dort enger beieinander liegen (BOSELNANN, 2013). Knochen können als ein Beispiel für eher dichteres Gewebe gesehen werden, wie aus Tab. 4 hervorgeht (BOSELNANN, 2013).

Tab. 4: Verschiedene Medien mit dazugehöriger Schallgeschwindigkeit und Dichte (BOSELNANN, 2013; modifiziert).

Medium	Schallgeschwindigkeit (m/s)	Dichte (g/cm ³)
Knochen (kompakt)	3.600	1,7000
Muskel	1.568	1,0400
Fett	1.470	0,9700
Wasser (20°C)	1.492	0,9982
Luft (NN)	331	0,0013

Es bestehen unterschiedliche Möglichkeiten, eine Ultraschallwelle zu erzeugen (BOSELNANN, 2013). In der Medizin basiert das Verfahren auf dem sog. piezoelektrischen Effekt und dessen Umkehrbarkeit (BOSELNANN, 2013). An mehreren Kristallen, lokalisiert in der Ultraschallsonde, wird eine Wechselspannung angelegt (BOSELNANN, 2013). Die Schwingung am Kristall beginnt dann mit einem Impuls von einer μs (BOSELNANN, 2013). Die

Schallwellen werden auf den Organismus übertragen und im Körper reflektiert (BOSELNANN, 2013). Die entstehenden Echos nehmen dieselben Kristalle, welche zunächst den Impuls gaben, auf, wo sie dann in elektrische Signale umgewandelt werden (BOSELNANN, 2013). Quarz und Turmalin werden als in der Natur vorkommende Kristallbeispiele angegeben, welche eine sehr starke piezoelektronische Wirksamkeit haben (BOSELNANN, 2013). In heutigen Ultraschallköpfen werden Polymerkunststoffe mit kristallinem Anteil verbaut (BOSELNANN, 2013).

Je höher die verwendete Frequenz bei der Ultraschallanwendung ist, desto kürzer sind die Wellenlängen und desto höher ist die jeweilige Ortsauflösung (BOSELNANN, 2013). Die Wellen werden gleichzeitig jedoch stärker abgeschwächt, sodass nur geringere Eindringtiefen möglich sind (BOSELNANN, 2013). So beträgt die Wellenlänge bei einer Frequenz von 10 MHz 0,16 mm und eine Eindringtiefe von lediglich fünf cm ist möglich (BOSELNANN, 2013). Die laterale Ortsauflösung ist mit 0,6 mm und die axiale Ortsauflösung mit 0,2 mm dagegen vergleichsweise hoch (BOSELNANN, 2013).

2.11.2 Darstellung knöcherner Strukturen mit Ultraschall

Aus den Ausführungen von BOSELNANN (2013) geht hervor, dass knöchernes Gewebe mittels US darstellbar ist. Zum einen basiert dies auf der unterschiedlichen Schallgeschwindigkeit in unterschiedlich dichten Medien und zum anderen werden im Ausgabebild des US-Geräts sog. Schallschatten angezeigt (BOSELNANN, 2013). Diese entstehen, weil Knochen Strukturen mit hoher Dämpfung sind (BOSELNANN, 2013). Sie absorbieren somit einen Großteil der Schallenergie (BOSELNANN, 2013). Hinter der knöchernen Struktur fehlt im Vergleich zu umliegenden Strukturen dann Echoinformation und an der betreffenden Stelle entsteht so ein dunkles Bild (BOSELNANN, 2013). Folglich werden Knochen vergleichsweise hell dargestellt, durch die hohe Reflektion entsteht dahinter ein Schallschatten (s. Abb. 8).

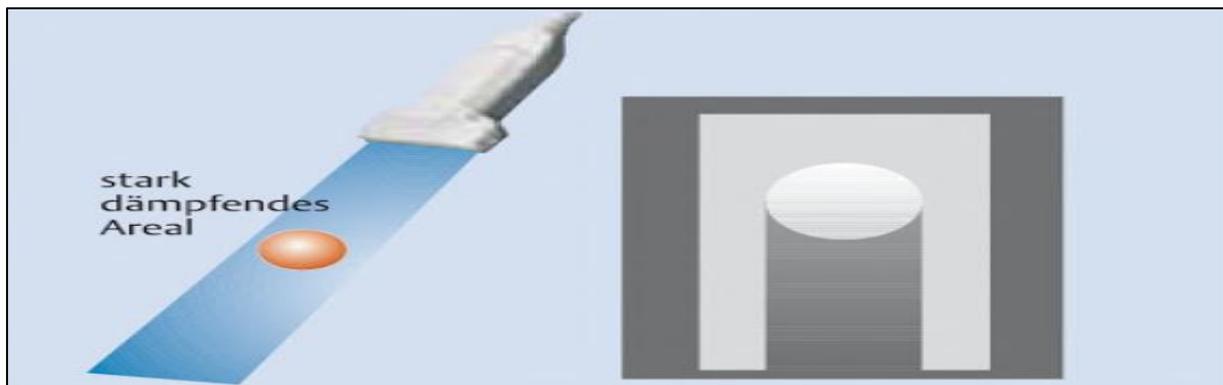


Abb. 8: Aufnahme eines Schallschattens und Ausgabe als Bild (BOSELNANN, 2013).

Das praktische Beispiel eines Thorax in der Humanmedizin lässt Schallschatten erkennen (RÖHRIG et al., 2013). Aufgrund der knöchernen Strukturen (Rippen) treten Schatten in Erscheinung (RÖHRIG et al., 2013) (s. Abb. 9).

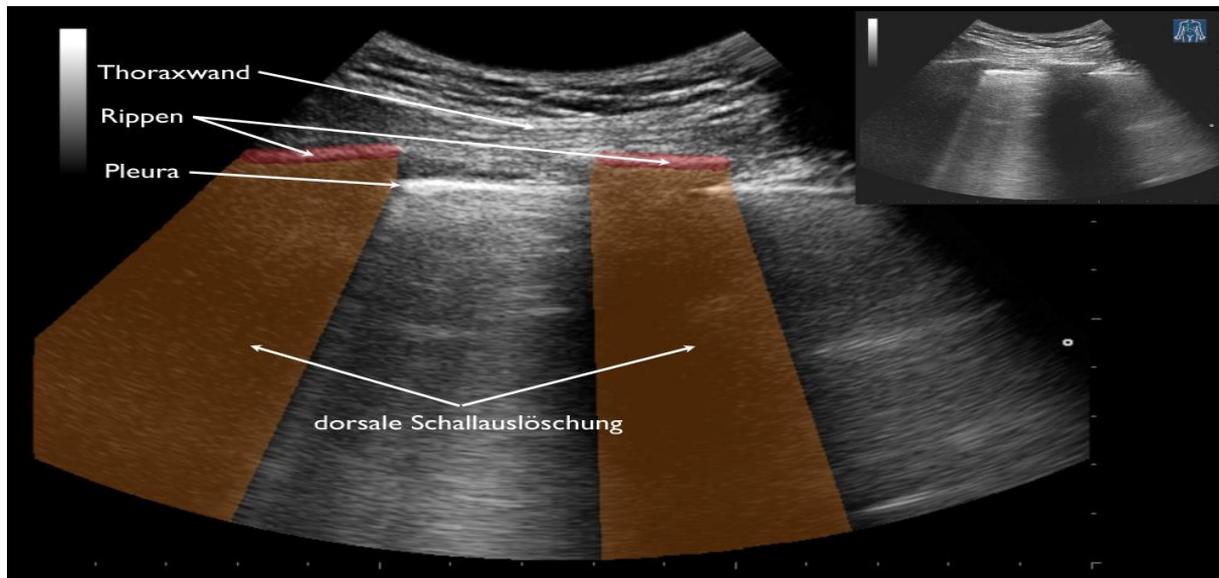


Abb. 9: Von Rippen ausgelöster Schallschatten beim US (RÖHRIG et al., 2013).

3 Material und Methode

3.1 Untersuchungsort

Die Messung der Daten erfolgte in zwei Beständen. Der hauptsächliche Teil der Werte wurde unter Basiszuchtbedingungen bei der BHZP GmbH erfasst. Von den dort gemessenen Ferkeln wurden ausgewählte männliche Tiere nach Erreichen der Geschlechtsreife unter Praxisbedingungen in einem Ferkelerzeugungsbetrieb angepaart und die Körpermerkmale der Nachkommen, d.h. der Kreuzungsferkel, gemessen.

3.1.1 Datenerhebungen unter den Bedingungen der Reinzucht

Die Messungen und Datenerhebungen erfolgten in einem Basiszuchtbetrieb der BHZP GmbH an einem Standort in Nord- Ost- Deutschland bei Tieren der Rasse Piétrain, welche dort in Reinzucht gehalten werden. Das wesentliche Produktionsziel des Betriebes ist es, möglichst viele gut entwickelte Eberferkel zu erzeugen und aus ihnen für den Einsatz in der künstlichen Besamung (KB) zu selektieren. Auch im Betrieb selbst wird ausschließlich KB eingesetzt. Die Abferkelung erfolgt im 3- Wochen- Rhythmus nach dem Prinzip der Gruppenabferkelung und die Stallbewirtschaftung nach dem „Alles rein- alles raus“- Prinzip.

3.1.2 Datenerhebungen unter den Bedingungen der Kreuzungszucht

Ein weiterer Teil der Datenerhebung erfolgte in einem Ferkelerzeugungsbetrieb in Sachsen-Anhalt unter Praxisbedingungen. Für die vorliegende Arbeit wurden hierzu Piétrain- Eber, welche als Ferkel im Basiszuchtbetrieb selbst vermessen worden waren, per KB an Sauen der Rotationskreuzung (DE x DL) angepaart. Durch diesen Ansatz sollte ermöglicht werden, die gemessenen Parameter an Ferkeln in Reinzucht zu den Werten ihrer Nachkommen in Kreuzung in Relation zu stellen.

Der Ferkelerzeugungsbetrieb hält ca. 1.300 Sauen in 21 Gruppen. Produktionsziel sind Ferkel mit einem Verkaufsgewicht von 28 kg. Die Wurfnummer beträgt im Mittel 3,1, die Sauen erzeugen jährlich 2,34 Würfe. Es erfolgt kein Zukauf der Sauen, die Sauen werden in Eigenremontierung bei einer Remontierungsrate von 40% ersetzt. Grundsätzlich wird Fertigfutter eingesetzt. Die Abferkelung erfolgt im 1- Wochen- Rhythmus und nach dem „Alles rein- alles raus“- Prinzip. Die mittlere Trächtigkeitsdauer beträgt 116,3 Tage. Die Abferkelquote beträgt 89,7% (83,3% bei Jungsauen und 91,4% bei Altsauen). Die Produktionsleistungen sind durch 15,8 insgesamt geborene Ferkel (igF) (14,3 igF bei JS und

16,2 IgF bei AS) und 14,6 IgF (13,5 IgF bei JS und 14,9 IgF bei AS) gekennzeichnet. Im Mittel werden 1,2 Ferkel bzw. 7,9% der Ferkel (0,8 bzw. 5,8% bei JS und 1,3 bzw. 8,3% bei AS) tot geboren. Eine Überwachung der Abferkelung wird durchgeführt. Es wird fast ausschließlich (96%) KB angewendet.

3.2 Untersuchungszeitraum und Tierbestand

3.2.1 Häufigkeiten der Probennahme

3.2.1.1 Probennahme bei Reinzuchtieren

Im Basiszuchtbetrieb wurden vom 07.07.2016 bis zum 02.07.2017 Messungen durchgeführt. In diesem gesamten Untersuchungszeitraum wurden im dreiwöchigen Rhythmus insgesamt 17 einzelne Messzeitpunkte (MZP) absolviert. Dieser Rhythmus wurde vom 3-Wochen-Rhythmus der Abferkelung vorgegeben. Eine Ausnahme bildete das Weihnachtswochenende 2016, an welchem keine Messungen durchgeführt worden sind.

Die Datenerhebung wurde stets von zwei Personen durchgeführt, wobei eine Person immer der Autor und Versuchsansteller selbst war. Neben dem Versuchsansteller beteiligten sich an den 17 MZP insgesamt vier Begleitpersonen. Diese nahmen achtmal, in zwei Fällen viermal bzw. einmal teil. Die Begleitperson fixierte die Ferkel in gut geeigneten, gleichbleibenden Messpositionen. Vom Stallpersonal erfolgte Zuarbeit. So wurden die Ferkel beispielsweise im Rahmen der Erstversorgung gewogen. Diese Geburtsgewichte wurden in Form einer ausgedruckten Übersicht von den Mitarbeitern weitergeleitet.

In diesem Erhebungsteil wurden die Maße von insgesamt 6.469 Ferkeln aus 582 Würfen erfasst. Einige Sauen waren mehrmals in die Messungen involviert. Es handelt sich um 410 verschiedene Sauen. 67 Eber wurden an diese Sauen angepaart.

Mittels Ultraschallscan wurde bei einigen Ferkeln die Wirbelanzahl im Schwanzbereich festgestellt. Diese Erhebung erfolgte an 98 Ferkeln mit normal geformten Schwänzen. Zehn Tiere davon hatten eine extreme Schwanzlänge. Sieben dieser Extremschwänze waren kurz ($\leq 7,5$ cm) und drei lang ($\geq 10,1$ cm). Ferner wurde das Ultraschallverfahren bei allen Ferkeln (n=454) mit Anomalie angewandt.

3.2.1.2 Probennahme bei Kreuzungstieren

Im Ferkelerzeugungsbetrieb wurden die Messungen vom 30.10.-13.11.2017 durchgeführt. In diesem Zeitraum fanden drei MZP statt. Diese wurden aufgrund des 1-Wochen-Abferkel-Rhythmus wöchentlich durchgeführt. Auch hier erfolgte die Datenerhebung mit Hilfe einer

Begleitperson. Diese war bei den Messungen im Basiszuchtbetrieb ebenfalls beteiligt. So konnte gewährleistet werden, dass die Körpermerkmale in beiden Teilen der Untersuchung gleichermaßen erhoben werden konnten.

Für diesen Untersuchungsabschnitt wurden 74 Sauen mit insgesamt sechs ausgewählten Ebern belegt (vgl. Tab. 10). Von den Sauen haben 11 in der Folge umgerauscht oder sind verendet. Es sind damit 63 Sauen verblieben und haben abgeferkelt. Die Abferkelquote beträgt 85,14%. Am 30.10.2017 wurden 238 Ferkel aus 19 Geburten, am 06.11.2017 wurden 298 Ferkel aus 23 Würfen und am 13.11.2017 wurden 287 Ferkel aus 21 Würfen vermessen. Insgesamt waren es somit 823 Ferkel. Davon gingen 822 mit einem Gewicht von mindestens 0,5 kg in die Auswertung ein.

3.2.2 Kategorisierung der Ferkel

3.2.2.1 Kategorisierung der Reinzuchttiere

Die Ferkel, welche im ersten Teil der Untersuchung im Basiszuchtbetrieb einbezogen worden sind, sind ausschließlich „06er“-Ferkel, d.h. sie sind reingezüchtete Piétrain-Ferkel. Die Ferkel waren zu 99,4% zur Messung 1 oder 2 Tage alt. Der Mittelwert betrug $1,07 \pm 0,29$ Tage. Die Kennzahlen wurden bei 6.031 Ferkel bzw. 93,8% am ersten Lebenstag gemessen. 359 Ferkel (5,6%) waren zwei Tage alt. Älter waren 38 Ferkel aus drei Würfen. Dabei erfolgte die Messung spätestens am vierten Lebenstag.

Das Geschlechterverhältnis war mit insgesamt 3.300 männlichen zu 3.128 weiblichen Ferkeln (51,3%:48,7%) nahezu ausgeglichen. Von den vermessenen Ferkeln waren 638 bzw. 9,93% tot (s. Tab. 5). Darunter waren 369 Ferkel männlich (m) und 269 weiblich (w). 11,18% der männlichen und 8,60% der weiblichen Ferkel waren demzufolge zum Zeitpunkt der Messung tot.

Tab. 5: Charakterisierung der Ferkel aus Datenerhebungen unter Reinzucht.

Kriterium	Definition
Genetik	Piétrain
n_{Ferkel}	6.428
$n_{\text{männlich}}$	3.300
n_{weiblich}	3.128
n_{lebend}	5.790
n_{tot}	638
Alter (d)	1-4

3.2.2.2 Kategorisierung der Kreuzungstiere

Die Ferkel des zweiten Untersuchungsteils hatten die genetische Konstruktion Pi x (DE x DL). Aufgrund eines längeren Abferkelintervalls waren die Ferkel zum Zeitpunkt der Messung zwischen 1 und 7 Tage alt. Der Mittelwert betrug $3,60 \pm 1,35$ Tage. Es waren 29 Ferkel 1 Tag und 172 Ferkel mindestens 5 Tage alt. Das Geschlechterverhältnis war mit insgesamt 401 männlichen zu 421 weiblichen Ferkeln (48,8%:51,2%) nahezu ausgeglichen (s. Tab. 6). Allerdings beziehen sich diese Angaben hier nur auf lebende Ferkel und nicht auf alle Ferkel, wie im ersten Untersuchungsteil. Tote Ferkel wurden hier, nicht zuletzt aufgrund des längeren mittleren Intervalls von Abferkelung bis zur Messung, direkt entfernt.

Tab. 6: Charakterisierung der Ferkel aus Datenerhebungen unter Kreuzungszucht.

Kriterium	Definition
Genetik	Pi x (DE x DL)
n_{Ferkel}	822
$n_{\text{männlich}}$	401
n_{weiblich}	421
Alter (d)	1-7

3.2.3 Häufigkeiten des Einsatzes der Sauen

3.2.3.1 Einsatz der Sauen bei Reinzuchttieren

Bei den Datenerhebungen im Basiszuchtbetrieb stammten die Ferkel von insgesamt 410 Sauen. Von 260 Sauen wurden ein, von 126 Sauen zwei und von 23 Sauen drei Würfe im gesamten Zeitraum erfasst. Im Verlauf des Messjahres warfen 300 der beteiligten Sauen bis zu 19 Ferkel. Zwei Sauen warfen insgesamt mindestens 40 Ferkel. (s. Tab. 7).

Tab. 7: Anzahl der Sauen in Abhängigkeit von der Leistung in Würfe/ Sau bzw. Ferkel/ Sau.

Würfe/ Sau	Anzahl Sauen	Ferkel/ Sau	Anzahl Sauen
1	260	≤ 9	81
2	126	10-19	219
3	23	20-29	81
		30-39	27
		≥ 40	2

3.2.3.2 Herkunft der Kreuzungsferkel im Ferkelerzeugungsbetrieb

In der Anlage des Ferkelerzeugungsbetriebes wurden die Körpermerkmale der Ferkel von insgesamt 63 Sauen gemessen. Von jeder Sau lag dabei genau ein Wurf vor.

3.2.4 Kategorisierung der Herkunftswürfe der Ferkel

3.2.4.1 Herkunftswürfe bei Reinzuchtieren

Die betriebsintern vergebenen Zuchtwerte für die reingezüchteten Piétrain-Sauen reichten von 78,1-163,6 Punkten. Ein Zehntel aller Würfe stammen von einer Sau mit über 148,7 Zuchtwertpunkten. Einige der 410 Sauen (n=149) ferkelten während der gesamten Dauer der Messungen dabei mehrmals, also zwei- bis dreimal, ab (vgl. Tab. 7). Entsprechend häufig wurden die Kennzahlen dieser Sauen zur Ermittlung der charakteristischen Beschreibung der Herkunftswürfe einbezogen. Es handelt sich jedoch um Durchschnittswerte für die Würfe.

Die Wurfnummer der Sauen war im Mittel 2,05. Es waren 46% der Würfe ein erster Wurf und 73% der Würfe ein erster oder zweiter Wurf der Sauen. In 222 Würfen bzw. 40% aller Würfe wurden keine Ferkel tot geboren. Insgesamt 75% der Würfe waren durch höchstens 15% tgF gekennzeichnet. Es wurden bis zu 66,7% tgF in einem Wurf beobachtet. In 71 von 581 Würfe (ca. 12%) war das Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln mit je 50% ausgeglichen (s. Tab. 8.)

Tab. 8: Kennzahlen des Herkunftswurfs unter den Bedingungen der Reinzucht.

Kennzahl Wurf	N	MW	± s	Min	Max
Zuchtwert	581	131,84	14,23	78,10	163,60
WNr	581	2,05	1,31	1	8
igF	581	11,15	2,98	1	20
lgF	581	10,01	2,72	1	18
tgF	581	1,15	1,29	0	7
tgF (%)	581	9,83	10,99	0,0	66,7
nweiblich	581	5,44	2,23	0	14
nmännlich	581	5,71	2,26	0	13

3.2.4.2 Herkunftswürfe bei Kreuzungstieren

Die mittlere Wurfnummer der Sauen unter Praxisbedingungen betrug $3,67 \pm 1,56$. Die Wurfnummern 1- 7 wurden beobachtet. Ca. 67% der Sauen hatten eine Wurfnummer zwischen 2 und 4. Es wurden je zwischen 7 – 22 igF und lgF beobachtet. Im Schnitt waren es $15,35 \pm 3,03$ igF je Wurf (s. Tab. 9).

Tab. 9: Kennzahlen des Herkunftswurfs unter den Bedingungen der Kreuzungszucht.

Kennzahl Wurf	N	MW	$\pm s$	Min	Max
WNr	63	3,67	1,56	1	7
igF	63	15,35	3,03	7	22
lgF	63	14,27	2,99	7	22

3.2.5 Häufigkeiten des Einsatzes der Eber

3.2.5.1 Einsatz der Eber bei Reinzuchttieren

Es wurden 67 Eber eingesetzt. So ergeben sich Durchschnittswerte von 8,69 Würfe/ Eber bzw. 96,55 Ferkel/ Eber. Jeder Eber kam in der Untersuchung mindestens zweimal zum Einsatz. Der Maximalwert betrug in zwei Fällen 18 Einsätze (s. Abb. 10). Daraus resultierten zwischen 24 und 204 Ferkel.

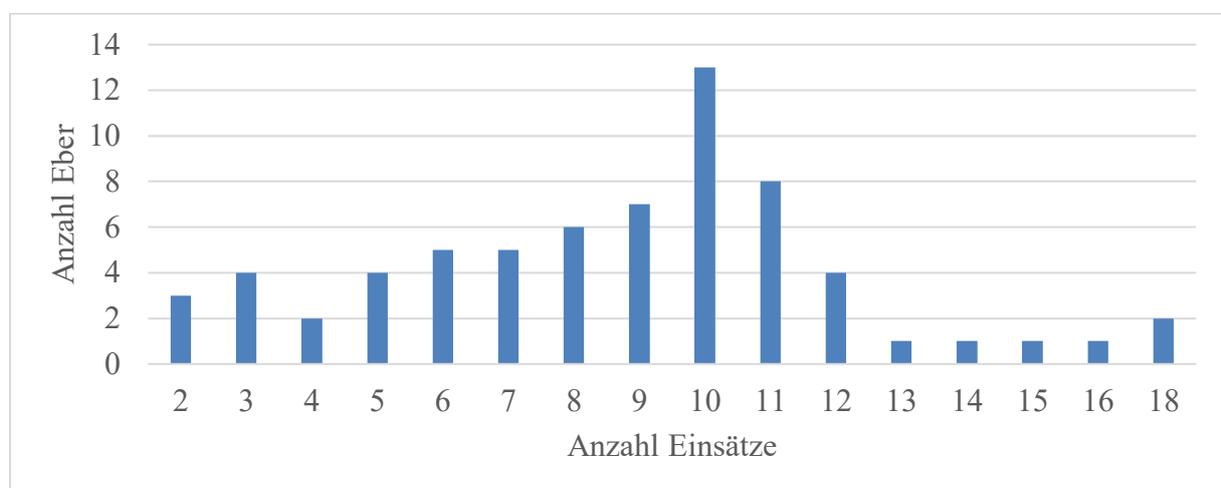


Abb. 10: Häufigkeit des Einsatzes der Eber ($n_{\text{Eber}}=67$).

3.2.5.2 Einsatz der Eber bei Kreuzungstieren

Die Belegungen fanden am 03., 10. und 17.07.2017 statt. Angedacht war es, je Eber und Termin vier Sauen zu belegen. Es sollten so 72 Würfe insgesamt und 12 Würfe je Eber generiert werden. Von Eber „28753“ war jedoch ab dem zweiten Belegungstermin die Spermaqualität für die weiteren, geplanten Besamungen unzureichend. Deshalb hatte dieser in der Folge keine Berücksichtigung mehr gefunden. Die Anzahl der Belegungen der übrigen Eber wurde daraufhin auf insgesamt 14 Stück (Stk.) je Eber angehoben (s. Tab. 10). Demzufolge wurden insgesamt 74 Sauen belegt. Die Körpermerkmale der Eber zum Zeitpunkt ihrer Geburt sind in der Anlage 31 aufgeführt.

Tab. 10: Spätere Einsatzhäufigkeit der Eber in der Kreuzungszucht.

Eber	Eigene SL zur Geburt (cm)	RZW SL Eber¹	Anzahl belegter Sauen	Abferkelquote (%)	Anzahl erfolgter Würfe	Anzahl Ferkel
87814	8,5	129	14	100,0	14	170
64296	8,2	124	14	78,6	11	145
98864	7,8	122	14	78,6	11	141
28753	9,8	99	4	50,0	2	23
77999	9,7	97	14	100,0	14	206
78582	9,3	77	14	78,6	11	137

3.3 Erfasste Körpermerkmale

Für die Sauen wurden ihre Kennzeichnungsnummer, ihre Zitzenzahl links und rechts sowie ihre zum Messzeitpunkt aktuellen Zuchtwerte (1 Dezimalstelle) erfasst. Darüber hinaus wurde die aktuelle Wurfnummer, das Datum der Belegung sowie der angepaarte Eber zugeordnet. Für den gesamten Wurf wurde beobachtet, wie viele Ferkel insgesamt, lebend, männlich und weiblich geboren wurden. Das Wiegedatum bzw.- Erstversorgungsdatum stand, stellvertretend für das Geburtsdatum, ebenfalls zur Verfügung.

Für die Ferkel wurden ihre Ohrnummer, ihr Geschlecht sowie ihr Alter notiert. Das Alter wurde dabei als ganzer Tag (je 24h ab Wiegedatum) berücksichtigt. Erfasst wurden ferner die Schwanzlänge, der Schwanzdurchmesser, die Körperlänge und das Gewicht.

Die Schwanzlänge wurde in Zentimeter und mit einer Dezimalstelle angegeben. In einer Publikation der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO, 2012) wird ausgeführt, dass die Schwanzlänge beim adulten Tier auf die nächsten 0,5 cm gerundet erfasst werden sollte. Dies war in der vorliegenden Untersuchung nicht praktikabel umsetzbar, da die teils geringen Unterschiede zwischen den Ferkeln sonst nicht hinreichend sichtbar werden. Hier wurden Abstufungen von 0,1 cm benutzt. Für die Schwanzlänge wurden ferner der Mittelwert (zwei Dezimalen), Minimum und Maximum sowie die Spannweite (je eine Dezimale) eines Wurfes rechnerisch ermittelt. Der Durchmesser des Schwanzes sowie auch die Körperlänge des Ferkels wurden ebenfalls in Zentimeter angegeben und haben eine

¹ RZW SL Eber = Zuchtwerte der Eber für das Merkmal Schwanzlänge, welche nach der Auswertung des Materials des Basiszuchtbetriebes vorlagen.

Dezimale. Der Durchmesser wurde dabei in Schritten von 0,1 cm erfasst, wohingegen die Körperlänge in 0,5 cm- Schritten gemessen wurde. Das Gewicht der Ferkel wurde in Kilogramm mit zwei Dezimalen ermittelt. Durch die BHZP GmbH wurden weitere Gewichte sowie Kennzahlen der Tierentwicklung erfasst. Die Anzahl der dabei erhobenen Parameter variierte in Abhängigkeit vom Geschlecht. Zu den Kennzahlen zählen:

- Testgewicht (LT 155-160);
- Speckdicke (LT 155-160);
- Muskeldicke (LT 155-160);
- Lebenstagszunahme;
- Gewichte 1-3 (1: LT 25-30; 2: LT 85-90; 3: LT 130-140, nur männliche Tiere);
- Prüftagszunahme (LT 88-158, nur männliche Tiere).

Neben den metrischen Werten wurden Anomalien im Schwanzbereich bzw. der Schwanzwirbelsäule und die Wirbelanzahl ausgewählter Ferkel erfasst. Das Auftreten von Anomalien und damit unterschiedlichen Schwanzformen wurde, wie in Kapitel 2.6.1 und nach KUNZE (2015) beschrieben, in vier Klassen unterteilt. Die normale Schwanzform wird als „Klasse 0“ bezeichnet. Die drei Anomalieformen (Klasse I: $\ll 90^\circ$ oder leicht, II: ca. 90° oder mittel, III: $\gg 90^\circ$ oder stark) kennzeichnen unterschiedlich schwere Anomaliegrade bzw. Knicke oder Abwinkelungen (KUNZE, 2015). Die Abb. 11 veranschaulicht die Einteilung beispielhaft für die Klassen I und III.

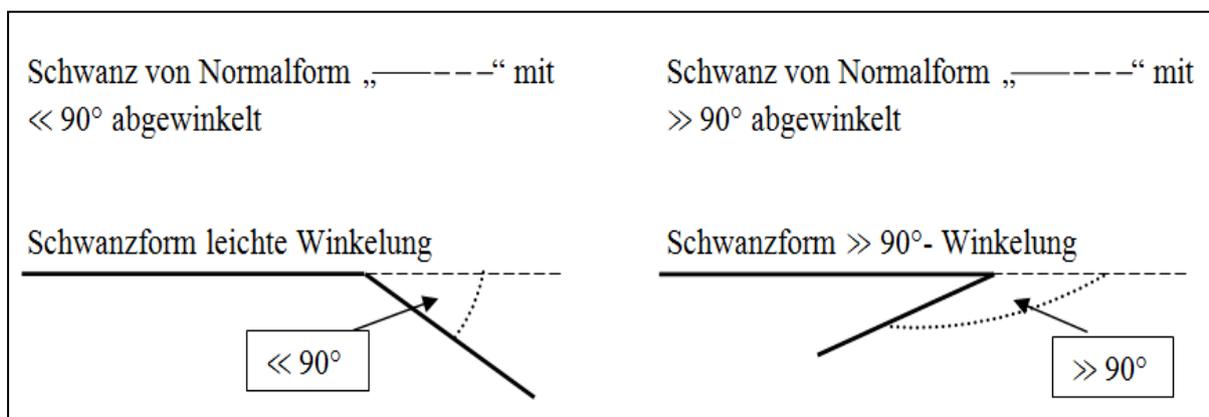


Abb. 11: Klasseneinteilung der Schwanzform der Ferkel; Klasse I und III (KUNZE, 2015).

Es sind auch Mehrfachanomalien möglich (NORDBY, 1934). Solche Ferkel wurden dennoch exakt einmal in die Datenerhebung einbezogen. Es wurde hier stets die schwerste Form der Anomalie gewertet.

Bei Ferkeln mit einer Anomalie im Schwanzbereich und bei weiteren, ausgewählten Ferkeln wurde die Wirbelanzahl erfasst. Sonstige Anomalien des Tieres, welche nicht den Schwanz eines Ferkels betreffen, wurden ebenfalls registriert. Derartige Anomalien waren z.B. Spreizerferkel oder Ferkel mit Nabelbruch (vgl. Anlage 6).

3.4 Verwendete Hilfsmittel und Techniken für die Datenerfassung

3.4.1 Erfassung der Schwanzlänge

Ein Maßstock sowie ein Maßband reichen häufig bereits aus, um bestimmte Messungen am Tier durchzuführen (GÄRTNER, 1927). So verhält es sich auch in der vorliegenden Untersuchung.

Die Schwanzlänge der Ferkel kann mit einem Gliedermaßstab gemessen werden (KUNZE et al., 2016-A; HERSKIN et al., 2015; MOLAPO et al., 2007). Das Längenmaß wird dabei an der unteren Schwanzseite, beginnend vom Schwanzansatz bis zur distalen Schwanzspitze (s. Abb. 12) erhoben (KUNZE et al., 2016-A; RITCHIL et al., 2014). Es ist darauf zu achten, dass der Schwanz vollständig gestreckt ist (FAO, 2012). Bei einer Messung von zwei, drei oder vier Tage alten Ferkeln ergeben sich nach KUNZE (2015) keine signifikanten Unterschiede für die Messergebnisse der Schwanzlänge.

3.4.2 Erfassung des Schwanzdurchmessers

Für die Erhebung des Durchmessers des Schwanzes wird in der Literatur ein Gliedermaßstab empfohlen (HERSKIN et al., 2015; KUNZE et al., 2015-A). Gemessen wird von der dorsalen zur ventralen Schwanzseite direkt am freien Schwanzansatz (s. Abb. 12) (KUNZE et al., 2016-A). Auf gleichbleibende Halte- und Blickpositionen ist aufgrund der Anfälligkeit für Messfehler zu achten (KUNZE et al., 2016-A; KUNZE, 2015). Die Messergebnisse für den Durchmesser können bereits bei einer Messung von einem cm weiter distal, ausgehend vom ursprünglichen Messpunkt Schwanzansatz, erheblich um mehr als 0,1 cm im Mittel abweichen (KUNZE, 2015).



Abb. 12: Messung der Schwanzlänge (links) und des Schwanzdurchmessers (rechts).

3.4.3 Erfassung der Körperlänge

Vor allem das Erfassen der Körperlänge ist kompliziert (KLEIN, 2016; GÄRTNER, 1927). Dies resultiert aus häufigen Bewegungen sowie Unruhe der Ferkel (KLEIN, 2016), denn „kein Haustier ist endlich so unruhig und widersetzlich bei der Meßbarkeit, wie das Schwein“ (GÄRTNER, 1927). Ein flexibles Maßband wird zur Erfassung des Merkmals genutzt (s. Abb. 13) (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2016-A; BODNÁR et al., 2015; MEYER, 2015; SUNGIRAI et al., 2014; FAO, 2012)). Dieses flexible Maßband passt sich der leicht gebogenen Rückenform gut an (KLEIN, 2016). Als Orientierungspunkt für den Messbeginn ist eine gedachte Linie zwischen den beiden Ohren gut geeignet (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2016-A; PAREDES et al., 2014). Die Messung erfolgte somit vom Ohransatz bis zum After bzw. Schwanzgrund (KUNZE et al., 2016-A; KLEIN et al., 2015; BODNÁR et al., 2015; RITCHIL et al., 2014; HALES et al., 2013; MACHEBE und EZEKWE, 2010; MOLAPO et al., 2007). In weiteren Untersuchungen ist die Messung der Körperlänge ab Schnauze des Tieres bis zum Schwanz durchgeführt worden (PASTORELLI et al., 2009; VASDAL, 2007). Alternativ ist auch eine Messung ab Schulter denkbar (RITCHIL et al., 2014).

3.4.4 Erfassung des Gewichts

Die Erfassung des Gewichts kann mit einer Digital- oder auch einer Hängewaage erfolgen (KUNZE et al., 2016-A; KUNZE et al., 2015; RITCHIL et al., 2014). In der vorliegenden Untersuchung wurde eine Digitalwaage verwendet (s. Abb. 13). Die Ferkel werden einzeln gewogen (HALES et al., 2013). Das Gewicht sowie auch die Schwanzlänge und die Körperlänge der Ferkel sind quantitativ erfassbare Merkmale (FAO, 2012).



Abb. 13: Messung der Körperlänge (links) und des Gewichts (rechts).

3.4.5 Erfassung der Anzahl der Schwanzwirbel mittels Ultraschallverfahren

Ein Bestandteil der Untersuchung war es, die Anzahl der Schwanzwirbel bei ausgewählten Ferkeln zu ermitteln. Die Wirbel können nicht erfühlt werden (DEFRA, 2002). Hilfsmittel, wie z.B. Ultraschallgeräte, sind daher für die Zählung notwendig. Die Erhebung erfolgte mit dem Ultraschallgerät „MINDRAY DP-50 Vet“ (s. Abb. 14).



Abb. 14: MINDRAY DP-50 Vet im Transport- (links) und Arbeitsmodus (rechts) (beide: MINDRAY, 2017).

Für dieses System werden Schallköpfe angeboten, die in einer Frequenz von 3,5 bis 13 MHz arbeiten (MINDRAY, 2017). Von der breiten Palette an Schallköpfen arbeiten v.a. die Linearkopfsonden im höherfrequentierten Bereich (MINDRAY, 2017). Bei Linearsonden bzw. Parallelsclannern sind die Kristallelemente nebeneinander auf einer Linie angeordnet (BOSELNANN, 2013). Daraus ergibt sich ein rechteckiges Bild (BOSELNANN, 2013). Für das Zählen der Schwanzwirbel beim Ferkel wurde eine solche Linearsonde verwendet (s. Abb. 15). Damit kann die Erfassung oberflächennaher Strukturen mit einer gleichzeitig hohen Auflösung gewährleistet werden (BOSELNANN, 2013).

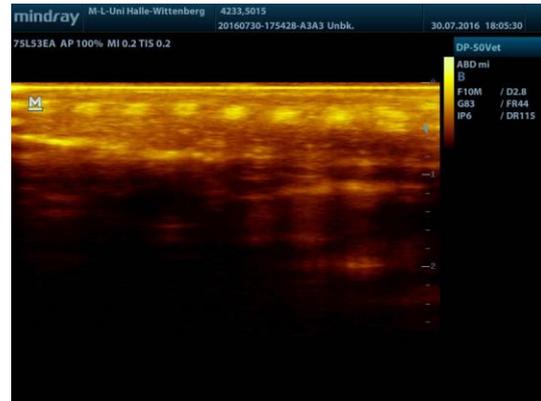


Abb. 15: Erfassung der Anzahl der Schwanzwirbel mit Linearsonde (links) und Ausgabe des Bildes im Gerät (rechts).

Für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse ist es unabdingbar, dass ein beim Zählen einheitlicher Startpunkt verwendet wird. Ein derart standardisierbarer Punkt wurde auf Höhe des Kreuz-Darmbein-Gelenks identifiziert (s. Abb. 1). Er basiert auf dem Beginn einer eindeutigen Wölbung im Bereich der caudalen Wirbelsäule (s. Abb. 16). Die Gesamtheit der gezählten Wirbel beinhaltet in der Folge nicht ausschließlich alle Schwanzwirbel, sondern auch weitere (Kreuz- bzw. Sakral-) Wirbel (s. Abb. 16 oben. 1-4: Sakralwirbel).

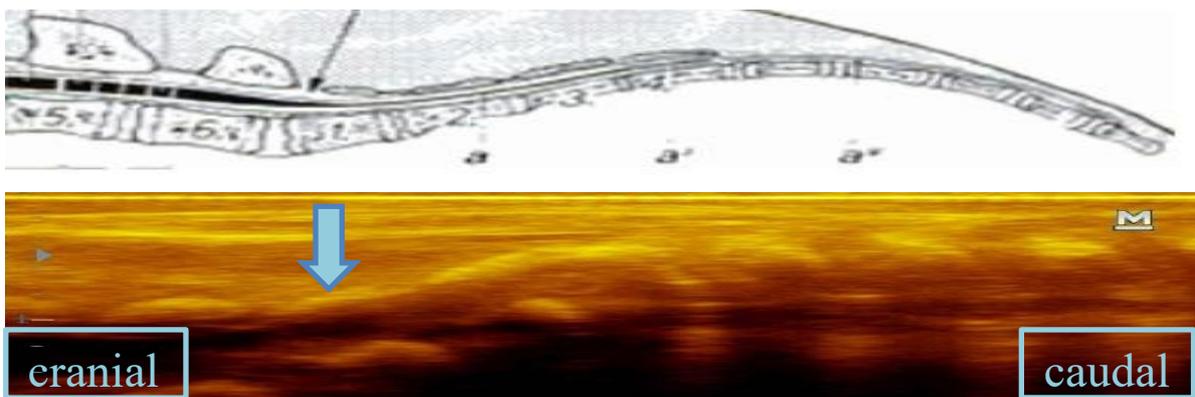


Abb. 16: Startpunkt beim Zählen der Schwanzwirbel: Schematische Darstellung der Wölbung (oben) (NICKEL et al., 2004-B) und Startwirbel im Ultraschallbild (unten).

Aufgrund der Bewegungen und der allgemeinen Unruhe des Ferkels beim Messvorgang sowie der generellen Handhabbarkeit muss das erstellte Ultraschallbild zunächst aufgezeichnet und gespeichert werden. Das eingefrorene Bild kann anschließend einfach ausgewertet und die Anzahl der Wirbel bestimmt werden. Die mögliche Aufnahmezeit ist jedoch zu gering und die Schwanzwirbel spitzwärts zu klein, um ein sicheres Scannen des gesamten Schwanzes durchzuführen. Daher wird der Schwanz des Ferkels erst kupiert und anschließend geschallt. Die abgetrennte Schwanzspitze wird danach mit einem Messer aufgeschnitten (s. Abb. 17). So

kann dann die übrige Wirbelanzahl bestimmt werden. Dabei erscheinen die Wirbelkörper als rötliche, feste Strukturen.



Abb. 17: Verwendete Werkzeuge Messer und Pinzette zur Teilung des Schwanzes (links) und kupierter, geteilter Schwanz mit Wirbelkörpern (rechts; rote Körper).

3.5 Überprüfung der Messgenauigkeit

Die Kennzahlen Schwanzlänge, Schwanzdurchmesser und Körperlänge wurden auf ihre Wiederholbarkeit geprüft. Dazu erfolgte eine je dreimalige Messung der betreffenden Parameter am gleichen Ferkel. Die Messungen wurden an insgesamt 68 Ferkeln durchgeführt. Davon waren 40 Ferkel männlich und 28 weiblich. Die Ferkel waren dabei im Mittel 28,37 cm lang und 1,54 kg schwer. Die mittlere Schwanzlänge betrug 9,07 cm (s. Tab. 11).

Die Ferkel stammten von 6 Sauen und Würfen. Diese befanden sich in den Wurfnummern 1-4. Die Würfe waren gekennzeichnet durch 9-14 igF (MW: 11,33 igF) und 9-13 igF (MW: 10,50).

Tab. 11: Kennzahlen der Ferkel bei Messwiederholung.

Kennzahl	n	MW	± s	Min	Max
SL (cm)	68	9,07	0,91	6,70	11,30
DM (cm)	68	0,83	0,11	0,50	1,00
KL (cm)	68	28,37	2,64	22,50	34,00
Gew (kg)	68	1,54	0,42	0,52	2,36

3.5.1 Messgenauigkeit bei der Erfassung der Schwanzlänge

Bei der Messung zur Genauigkeit der Schwanzlänge wurden Werte zwischen 6,70 – 11,30 cm gemessen. Im Mittel wichen die Werte um 0,16- 0,18 cm voneinander ab. Die Abweichung betrug bei mehr als 94% der Messergebnisse höchstens 0,5 cm bzw. in 99,5% höchstens 0,7 cm. Der maximale Abweichungswert betrug 1 cm (n=1).

3.5.2 Messgenauigkeit bei der Erfassung des Schwanzdurchmessers

Bei der Überprüfung des Schwanzdurchmessers wurden für diese Kennzahl Werte zwischen 0,50 und 1,00 cm gemessen. Die Abweichung betrug im Mittel 0,02 – 0,03 cm. Die maximale Abweichung betrug 0,10 cm. In 76,5% der Werte wurde dabei keine Abweichung festgestellt.

3.5.3 Messgenauigkeit bei der Erfassung der Körperlänge

Bei der Messüberprüfung der Körperlänge wurden Werte zwischen 22,50 und 34,00 cm ermittelt. Die mittleren Abweichungen betrugen 0,54- 0,71 cm. In 95% der Fälle betrug die Abweichung höchstens 1,50 cm bzw. in 99% der Fälle höchstens 2,50 cm.

3.5.4 Messgenauigkeit bei der Erfassung der Schwanzwirbelanzahl

Die Wiederholbarkeit der Erfassung der Wirbelanzahl mittels Ultraschallverfahren wurde ebenfalls überprüft. Dazu wurde je zweimal geschallt. Die Messungen erfolgten an insgesamt 25 Ferkeln. 12 Ferkel waren männlich und 13 weiblich. 7 Ferkel hatten eine normale Schwanzform. 18 Ferkel hatten dagegen eine Anomalie im Schwanzbereich (5x Grad 1, 1x Grad 2 und 12x Grad 3). Die mittlere Körperlänge dieser Ferkel betrug 27,56 cm. Sie waren 1,50 kg schwer. Die Schwänze waren mittlere 7,94 cm lang und 0,80 cm dick (s. Tab. 12).

Die Ferkel stammten ab von 13 Sauen und Würfen. Die Sauen hatten Wurfnummern zwischen 1-5. Die Wurfgröße betrug 10-15 igF (MW: 12,85) und 9-14 lgF (MW: 11,08).

Tab. 12: Kennzahlen der Ferkel bei Wiederholung der Erfassung der Schwanzwirbelanzahl.

Kennzahl	n	MW	± s	Min	Max
SL (cm)	25	7,94	0,93	6,40	10,50
DM (cm)	25	0,80	0,07	0,70	0,90
KL (cm)	25	27,56	2,09	23,50	30,50
Gew (kg)	25	1,50	0,33	0,82	2,12
WZ (Stk.)	25	24,04	2,52	19	30

Bei den 25 Wiederholungsmessungen wurden insgesamt 2 Abweichungen von je 1 Wirbel festgestellt. Die Abweichungen rühren dabei von unterschiedlichen Ergebnissen in der Schwanzspitze her. Dort wurde die Wirbelanzahl allerdings nicht per Ultraschallverfahren ermittelt. Das Zählen erfolgte durch Aufschneiden des Schwanzes und damit visuell aufgrund der geringen Größe der Wirbelkörper und eventueller besonderer anatomischer Situationen beim Auftreten von Schwanzwirbelanomalien. Das zweimalige Feststellen der Wirbelanzahl im Schwanz mittels Ultraschall blieb somit gänzlich ohne Abweichungen.

3.6 Mathematisch-statistische Auswertung

Die gemessenen Daten wurden zunächst aufbereitet. Ursprünglich standen 6.491 Datensätze zur Verfügung. Aus dieser Gesamtheit wurden all diejenigen Datensätze der Ferkel entfernt, welche keine verfügbaren Messwerte beinhalteten (n=19). Die Messwerte fehlten dabei hinsichtlich Schwanzlänge, Durchmesser oder Körperlänge. Diese Ferkel wurden zwar von den Mitarbeitern routinemäßig gewogen, eine spätere Vermessung konnte jedoch nicht erfolgen. Weiterhin wurden alle Datensätze entfernt, bei welchen die Ferkel ein Gewicht von unter 0,5 kg hatten (n=44). Es wurde hier unterstellt, dass sich die Relationen zwischen Körperlänge sowie Schwanzlänge zum Gewicht bei derart leichten Ferkeln unverhältnismäßig stark verschieben und in der Konsequenz die Auswertung der Daten verfälscht wird.

Vollständige Datensätze lagen von 6.428 Ferkeln vor. Diese gingen in die Auswertung ein. In zwei Fällen fehlte jedoch das Gewicht, weshalb sich für Rechnungen bzgl. des Gewichts der Ferkel eine Gesamtheit von 6.426 Ferkeln ergibt.

Verschiedene Parameter wurden in Klassen unterteilt, um so unterschiedliche Ausprägungen der Kennzahlen sichtbar zu machen. Klassen wurden für die Parameter Wurfnummer der Sau, Anzahl igF, Anzahl lgF, Anteil tgF (%), Schwanzlänge sowie Gewicht der Ferkel und der mittleren Schwanzlänge eines Wurfes gebildet.

Die Wurfnummer der Sau wurde in zwei Klassen unterteilt. Eine Trennung der Wurfnummern 2 und ab 3 war nicht erforderlich, da sich die Werte zwischen diesen beiden Klassen nicht signifikant ($p \leq 0,05$) unterscheiden. Die Aufteilung erfolgte wie folgt:

- WNr: I: WNr 1
II: WNr ≥ 2

Die Klasseneinteilung der Kennzahlen der Wurfgröße ist in Tab. 13 aufgeführt.

Tab. 13: Klasseneinteilung der insgesamt, lebend und tot geborenen Ferkel.

Klasse	igF (Stk.)	lgF (Stk.)	tgF-%
I	≤ 10	≤ 9	$\leq 9,99$
II	11 - 13	10 - 12	10,00 - 19,99
III	≥ 14	≥ 13	≥ 20

Die Klassengrenzen der Schwanzlänge und des Gewichts der Ferkel sowie der mittleren Schwanzlänge eines Wurfes wurden nach dem Prinzip $MW \pm \frac{1}{2} s$ festgelegt (s. Tab. 14).

Tab. 14: Klasseneinteilung von Schwanzlänge, Gewicht und mittlerer Schwanzlänge eines Wurfes.

Klasse	SL (cm)	Gew (kg)	Ø SL- Wurf (cm)
MW $\pm \frac{1}{2}$ s	8,69 \pm 0,50	1,46 \pm 0,18	8,73 \pm 0,31
I	< 8,19	< 1,28	< 8,42
II	8,19 - 9,18	1,28 - 1,63	8,42 - 9,03
III	\geq 9,19	\geq 1,64	\geq 9,04

Die Erfassung und Verarbeitung der Daten erfolgten mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft® Excel 2016. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm IBM® SPSS Statistics V.22.0 durchgeführt. Mittels „Deskriptive Statistiken“ wurde eine deskriptive Analyse durchgeführt. Alle Kennzahlen (SL, DM, KL, Gew, igF, lgF,...) wurden auf Normalverteilung geprüft. Dies erfolgte mit dem KS (Kolmogorov- Smirnov)- Test. Die Homogenität der Varianzen wurde mit dem Levene-Test geprüft. Mittelwertvergleiche erfolgten mittels nichtparametrischer Testverfahren. Der Mann- Whitney-U-Test kam für Untersuchungen bei zwei unabhängigen Gruppen zum Einsatz. Bei mehreren unabhängigen Gruppen wurde der Kruskal-Wallis-H-Test verwendet. Für die Überprüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Mittelwerten einzelner Gruppen wurde demzufolge der Dunn-Bonferroni-Test durchgeführt. Ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ wurde für die gesamte statistische Auswertung angenommen. Des Weiteren wurden univariate Analysen durchgeführt. Für die Ergebnisse werden Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum ausgegeben. Für Korrelationen zwischen den Kennzahlen wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt.

Die Analyse fixer Umweltfaktoren erfolgte als Schätzung von Least- Square- Mittelwerten in einem vollständig fixen Modell mit dem Programm PROC MIXED im Programmpaket SAS® 9.4. Dabei wurde jede Sau jeweils nur mit ihrem ersten Wurf im Erfassungszeitraum berücksichtigt, um Verzerrungen aufgrund von Sauen, für die mehrere Würfe je Beobachtungsjahr vorlagen, vermeiden zu können. Das Material reduzierte sich damit auf 4.538 Ferkel.

Für die verschiedenen abhängigen Variablen wurde das folgende Modell verwendet. Detaillierte Angaben dazu sind in der Anlage 12 aufgeführt.

$$Y_{ijklm} = \mu + WNr_i + MZP_j + X_k + b(KV_1) + e_{ijklm} \quad , \text{ wobei:}$$

Y_{ijklm} Beobachtungswert 1) Schwanzlänge, 2) Durchmesser, 3) Gewicht, 4) Körperlänge oder 5) Anomalie des Schwanzes

μ Mittelwert

WNr_i Fixer Effekt Wurfnummer der Sau als Klasseneffekt (I: $WNr=1$; II: $WNr \geq 2$)

MZP_j Fixer Effekt Messzeitpunkt (1;...;17)

X_k Für 1): Fixer Effekt Auftreten einer Anomalie des Schwanzes (1: ja; 2: nein)

Für 3): Fixer Effekt Geschlecht (1: m; 2: w)

Für 2), 4) sowie 5): entfällt

KV_1 Für 1) sowie 3): Kovariable Körperlänge

Für 2) sowie 4): Kovariable Gewicht

Für 5): Kovariable Schwanzlänge

e_{ijklm} Restfehler

Die Wurfnummer der Sau wird als fixer Klasseneffekt in das Modell einbezogen. Die Klasse I beinhaltet alle Sauen im ersten Wurf. Ab einer Wurfnummer von zwei wurden die Sauen in die Klasse II eingeteilt. Alle 17 Messzeitpunkte werden als fixer Effekt beachtet. Für das Merkmal Schwanzlänge fließt das Auftreten einer Schwanzanomalie als fixer Effekt mit ein. Im Fall der abhängigen Variable Gewicht wird unterdessen das Geschlecht als fixer Effekt in das Modell integriert. Je nachdem, um welche abhängige Variable es sich handelt, wurden die Körperlänge, das Gewicht bzw. die Schwanzlänge der Ferkel als Kovariable ausgewählt.

Heritabilitäten für verschiedene abhängige Variablen wurden mit Hilfe weiterer Modelle und dem Programm ASReml, Version 3.0, sowie VCE6 ermittelt. Nunmehr wurden alle verfügbaren Daten verwendet, wobei die Möglichkeit des Auftretens mehrerer Würfe je Sau durch einen zufälligen Wurfefekt berücksichtigt wurde. Für die Schätzung der Varianzkomponenten sowie die Ermittlung der Heritabilitäten und Korrelationen wurden Datensätze von 6.419 Tieren verwendet. Ein Pedigree mit Daten für insgesamt 113.693 Tieren (BHZZP 12/2017) wurde einbezogen. Es wurde das folgende Modell verwendet:

$$Y_{ijklmno} = \mu + WNr_i + MZP_j + Sex_k + dam_l + animal_m + wurf_n + e_{ijklmno}$$
, wobei:

$Y_{ijklmno}$	Beobachtungswert Schwanzlänge, Durchmesser, Gewicht oder Körperlänge
μ	Mittelwert
WNr_i	Fixer Effekt Wurfnummer der Sau
MZP_j	Fixer Effekt Messzeitpunkt
Sex_k	Fixer Effekt des Geschlechts
dam_l	Maternal- genetischer Effekt (zufällig)
$animal_m$	Additiv- genetischer Tiereffekt (zufällig)
$wurf_n$	Wurfumwelteffekt (zufällig)
$e_{ijklmno}$	Restfehler

Für die Berechnung des binären Merkmals Auftreten von Anomalien des Schwanzes wurde das nachfolgende Modell angewendet:

$$Y_{ijklm} = \mu + WNr_i + MZP_j + Sex_k + animal_l + e_{ijklm}$$
, wobei:

Y_{ijklm}	Beobachtungswert Anomalie des Schwanzes
μ	Mittelwert
WNr_i	Fixer Effekt Wurfnummer der Sau
MZP_j	Fixer Effekt Messzeitpunkt
Sex_k	Fixer Effekt des Geschlechts
$animal_l$	Additiv- genetischer Tiereffekt (zufällig)
e_{ijklm}	Restfehler

Die Varianzkomponentenschätzung wurde in verschiedener Art und Weise durchgeführt. So wurde im Einmerkmalsmodell der Effekt des Tieres und der maternale Effekt, unter Inbezugnahme der Verwandtschaft, verwendet. Im Mehrmerkmalsmodell wurden der Tier-, Wurf- und maternale Effekt genutzt, wobei für den Tier- und den maternalen Effekt die Verwandtschaftsbeziehungen einfließen.

Die Schätzung der Heritabilität für das Auftreten von Anomalien als binäres Merkmal (tritt auf oder tritt nicht auf) wurde mit dem Logit-Modell und einer Restvarianz von 3,29 umgerechnet. Hier wurde ausschließlich ein Einmerkmalsmodell angewendet, bei dem nur der Tiereffekt mit Verwandtschaft verwendet wurde.

4 Ergebnisse

Die mittlere SL aller untersuchten Ferkel beträgt $8,69 \pm 0,99$ cm bei einem mittleren DM von $0,79 \pm 0,09$ cm. Die Körper der Ferkel sind durchschnittlich $27,43 \pm 2,40$ cm lang. Sie wiegen im Mittel $1,46 \pm 0,36$ kg (s. Tab. 15).

Tab. 15: Ausprägung der Körpermerkmale der Ferkel.

Kennzahl Ferkel	n	MW	$\pm s$	Min	Max
SL (cm)	6.428	8,69	0,99	4,10	12,50
DM (cm)	6.428	0,79	0,09	0,40	1,20
KL (cm)	6.428	27,43	2,40	16,50	35,50
Gew (kg)	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60
WZ (Stk.)	552	24,11	2,41	16	31

4.1 Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel

4.1.1 Schwanzlänge bei Ferkeln der Rasse Piétrain in Reinzucht

Der kürzeste erfasste Schwanz ist 4,10 cm und der längste Schwanz 12,50 cm lang. Die totale Spannweite beträgt demzufolge 8,40 cm. Die bei 2.439 Ferkeln bzw. ca. 38% häufigsten Werte für die SL liegen zwischen 8,0 – 8,9 cm. Fünf Ferkel bzw. 0,08% haben unter 5,0 cm lange Schwänze. Die Schwänze von 38 Ferkeln bzw. 0,59% sind kürzer als 6,0 cm. Einen mindestens 9,0 cm langen Schwanz haben 2.557 Ferkel bzw. ca. 40% (s. Tab. 16 und Anlage 8).

Tab. 16: Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel.

SL (cm)	n (=6.428)	%	% kumuliert (kum.)
$\leq 4,9$	5	0,08	0,08
5,0-5,9	33	0,51	0,59
6,0-6,9	232	3,61	4,20
7,0-7,9	1.162	18,08	22,28
8,0-8,9	2.439	37,94	60,22
9,0-9,9	1.983	30,85	91,07
10,0-10,9	516	8,03	99,10
11,0-11,9	55	0,86	99,95
$\geq 12,0$	3	0,05	100,00

Zwischen den 5.790 lebenden Ferkeln und den 638 toten Ferkeln unterscheidet sich die SL signifikant ($p=0,036$). Die Schwänze sind mit 8,69 cm beim lebenden um 0,06 cm kürzer, als beim toten Ferkel. Die Werte reichen von 4,10 cm – 12,50 cm (lebend) bzw. von 4,80 cm – 12,50 cm (tot). Daraus ergibt sich eine Spannweite zwischen Min und Max von 8,40 cm bzw. 7,70 cm. Zwischen den Geschlechtern unterscheidet sich die SL ebenfalls signifikant ($p=0,022$). Die SL männlicher Ferkel beträgt $8,66 \pm 0,98$ cm. Weibliche Ferkel haben eine SL von $8,72 \pm 0,99$ cm (s. Tab. 17).

Tab. 17: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geschlecht.

Kennzahl	Geschlecht	n (=6.428)	MW	$\pm s$	Min	Max
SL (cm)	m	3.300	8,66 ^a	0,98	4,10	12,50
	w	3.128	8,72 ^b	0,99	4,70	12,50

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

In Abhängigkeit von der Anzahl igF je Wurf unterscheiden sich die Werte für die SL signifikant ($p \leq 0,001$). Bei höchstens 10 igF beträgt die SL $8,82 \pm 0,98$ cm. Bei 11- 13 igF beträgt die SL $8,68 \pm 0,96$ cm und mit mindestens 14 igF $8,57 \pm 1,03$ cm (s. Tab. 18).

Tab. 18: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF).

Kennzahl	igF	n	MW	$\pm s$	Min	Max
SL (cm)	≤ 10	1.817	8,82 ^a	0,98	4,10	11,80
	11-13	2.785	8,68 ^b	0,96	4,80	12,50
	≥ 14	1.826	8,57 ^c	1,03	4,30	12,50
	Gesamt	6.428	8,69	0,99	4,10	12,50

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Bei einer Einteilung nach der Anzahl igF ergibt sich für die Werte der SL ein ähnliches Bild. Es liegen signifikante Unterschiede bei $p \leq 0,001$ vor (vgl. Anlage 22).

In Abhängigkeit vom Gew unterscheidet sich die SL signifikant ($p \leq 0,001$). Schwerere Ferkel haben die längeren Schwänze. Bei einem Gew von unter 1,28 kg beträgt die SL $7,85 \pm 0,84$ cm vs. $8,76 \pm 0,73$ cm bei 1,28 - 1,63 kg bzw. $9,38 \pm 0,80$ cm bei mindestens 1,64 kg. Die Spannweite der SL in den jeweiligen Klassen steigt mit einem zunehmenden Gewicht von 6,7 auf 6,8 bzw. 8,4 cm an (s. Tab. 19).

Tab. 19: Ausprägung der Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht.

Gew (kg)	SL (cm)				
	n (=6.426)	MW	± s	Min	Max
<1,28	1.879	7,85 ^a	0,84	4,3	11,0
1,28 - 1,63	2.495	8,76 ^b	0,73	4,8	11,6
≥ 1,64	2.052	9,38 ^c	0,80	4,1	12,5
Gesamt	6.426	8,69	0,99	4,1	12,5

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Abb. 18 bestätigt diese gegenseitige Abhängigkeit in einer Gegenüberstellung von SL und Gew.

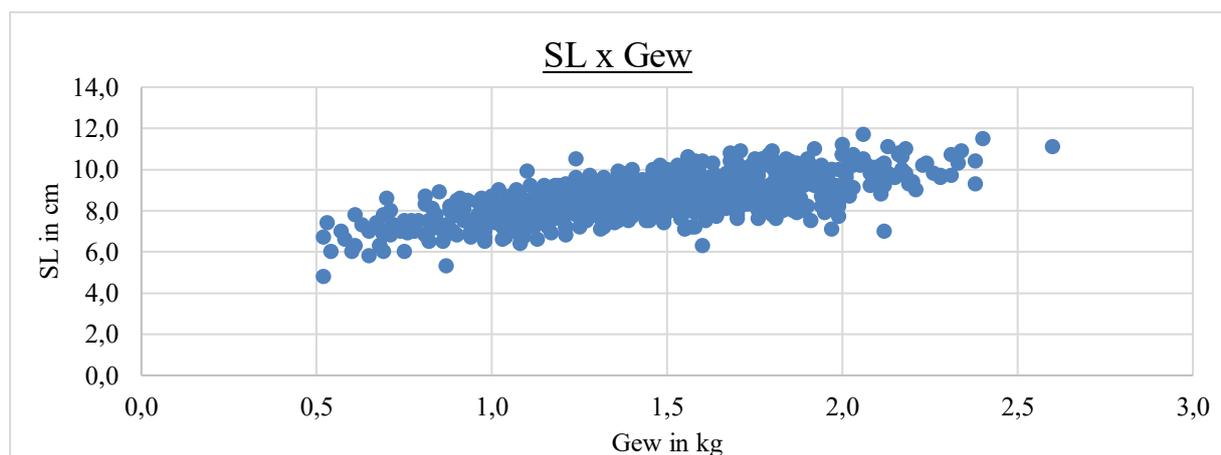


Abb. 18: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht (n=6.426).

Während der Datenerhebung wurden fünf Ferkel beobachtet, die eine Schwanzlänge von unter 5 cm haben (vgl. Tab. 16). Das Ferkel „8707“ von der Sau „5070“ steht beispielhaft dafür. Das Ferkel ist weiblich und stammt aus einem Erstwurf mit 7 igF und ebenso vielen IgF. Es hat eine normale Schwanzform. Die SL beträgt 4,7 cm bei 20 Schwanzwirbeln (s. Abb. 19). Zur Geburt wog es 1,26 kg und hatte eine KL von 23,50 cm.



Abb. 19: Beispiel eines Ferkels mit einer Schwanzlänge von 4,7 cm (Ferkel „8707“).

4.1.2 Variabilität der Schwanzlänge innerhalb und zwischen Würfen

Die phänotypische Variabilität der SL der Ferkel ist ein Ausdruck für die tierindividuelle Ausprägung des Schwanzes. Unterschiede sind zwischen den einzelnen Tieren, jedoch auch innerhalb eines Wurfes sowie zwischen Würfen zu finden. Besonders die Variabilität in einem Wurf und damit unter Vollgeschwistern ist bedeutungsvoll. Die SL der einzelnen Ferkel weichen von der durchschnittlichen SL des gesamten Wurfes ab. Sie sind bis zu 4,54 cm kürzer und 2,99 cm länger als der jeweilige Wurf-Durchschnitt. Der mittlere Absolutbetrag der Abweichung beträgt $0,61 \pm 0,49$ cm. Unabhängig von der Richtung der Abweichung, also davon, ob der Schwanz kürzer oder länger ist, weicht die SL eines Ferkels um diesen Wert 0,61 cm vom Mittelwert seines Herkunftswurfes ab (s. Tab. 20).

Tab. 20: Ausprägung der Abweichung des Einzeltiers vom Herkunftswurf.

Kennzahl	n	MW	$\pm s$	Min	Max
Abweichung der SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	6.428	0,00	0,78	-4,54	2,99
Absolutbetrag der Abweichung der SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	6.428	0,61	0,49	0,00	4,54

In zwei Fällen bzw. 0,03% ist die SL eines Ferkels mindestens 4,00 cm kürzer, als der durchschnittliche Wert seines Wurfes. Acht Ferkel bzw. 0,12% haben eine mind. 3,00 cm und 88 Ferkel bzw. 1,37% eine mind. 2,00 cm verkürzte SL im Vergleich zum Durchschnitt aller Vollgeschwister des Herkunftswurfes. Der Großteil der Ferkel, 5.266 Stück bzw. ca. 82%, weicht bzgl. der SL mit einem Betrag von weniger als 1,00 cm vom MW des Ursprungswurfes ab. Die Werte liegen also relativ nah um den jeweiligen MW herum (s. Tab. 21 und Anlage 9).

Tab. 21: Verteilung der tatsächlichen Abweichung des Einzeltiers vom Herkunftswurf.

Abweichung SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	n (=6.428)	%	% kum.
≤ -4,00	2	0,03	0,03
-3,00 bis -3,99	6	0,09	0,12
-2,00 bis -2,99	80	1,24	1,37
-1,00 bis -1,99	534	8,31	9,68
-0,01 bis -0,99	2.425	37,73	47,40
0,00 bis 0,99	2.841	44,20	91,60
1,00 bis 1,99	511	7,95	99,55
≥2,00	29	0,45	100,00

Der Mittelwert der SL in einem Wurf beträgt durchschnittlich $8,73 \pm 0,62$ cm. Die SL des gesamten Wurfes kann dabei ein Niveau zwischen 7,33 cm bis 10,53 cm haben. Die SL hat zwischen den Würfeln demzufolge eine Spannweite von 3,20 cm.

In einem Wurf hat der kürzeste Schwanz im Mittel eine Länge von $7,39 \pm 0,92$ cm. Der im Wurf längste Schwanz ist mittlere $9,90 \pm 0,70$ cm lang. Damit beträgt die Spannweite in einem Wurf zwischen kürzesten und längsten Schwanz im Mittel $2,51 \pm 0,86$ cm (s. Tab. 22).

Tab. 22: Ausprägung der Schwanzlänge auf Wurfebene.

SL in einem Wurf (cm)	n	MW	± s	Min	Max
Durchschnitt	581	8,73	0,62	7,33	10,53
Kürzeste SL	581	7,39	0,92	4,10	10,20
Längste SL	581	9,90	0,70	8,30	12,50
Spannweite	581	2,51	0,86	0,00	6,60

In 72 der 581 Würfe (ca. 12%) beträgt die mittlere SL eines Wurfes weniger als 8,00 cm. In 397 Würfeln bzw. ca. 68% beträgt dieser Parameter unter 9,00 cm (s. Tab. 23).

Tab. 23: Mittelwert der Schwanzlänge auf Wurfebene.

Ø SL in einem Wurf (cm)	n (=581)	%	% kum.
≤ 7,99	72	12,39	12,39
8,00 - 8,99	325	55,94	68,33
9,00 - 9,99	166	28,57	96,90
≥ 10,00	18	3,10	100,00

In 35 Würfeln bzw. ca. 6% haben die je kurzschwänzigsten Ferkel des Wurfes eine SL von unter 6,00 cm. In ca. 45% und damit fast in der Hälfte aller Würfe beträgt dieser Wert 7,00 - 7,99 cm (vgl. Anlage 10). In 41 Würfeln bzw. ca. 7% ist die längste SL in einem Wurf unter 9,00 cm. In den meisten Würfeln liegen maximale Werte im Bereich von 9,00 - 9,99 cm vor. Für ca. 50% aller Würfe trifft dies zu (vgl. Anlage 11).

Die Spannweite vom kürzesten zum längsten Schwanz in einem Wurf ist ein Ausdruck der wurfspezifischen Homo- bzw. auch Heterogenität der SL. In 8 Würfeln bzw. ca. 1% liegt eine Spannweite von weniger als 1,00 cm vor. In knapp der Hälfte aller Würfe liegt die Spannweite zwischen 2,00 – 2,99 cm (s. Tab. 24).

Tab. 24: Spannweite der Schwanzlänge auf Wurfebene.

Spannweite SL in einem Wurf (cm)	n (=581)	%	% kum.
≤ 0,99	8	1,38	1,38
1,00 - 1,99	149	25,65	27,02
2,00 - 2,99	264	45,44	72,46
3,00 - 3,99	127	21,86	94,32
4,00 - 4,99	28	4,82	99,14
5,00 - 5,99	3	0,52	99,66
≥ 6,00	2	0,34	100,00

Die SL des Wurfes unterscheidet sich zwischen der WNr 1 und einer WNr von ≥ 2 signifikant ($p \leq 0,001$). Das Niveau eines Wurfes liegt in Erstwürfen bei $8,63 \pm 0,60$ cm. MW von 7,33 – 10,27 cm werden für die Würfe beobachtet. Bei einer WNr von zwei oder mehr beträgt die SL in einem Wurf im Durchschnitt $8,82 \pm 0,62$ cm. Sie ist damit mittlere 0,19 cm höher, als bei der WNr 1. Die Werte reichen hier von 7,42- 10,53 cm. Für die mittlere Spannweite in einem Wurf zwischen kürzestem und längstem Schwanz bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den WNr (s. Tab. 25).

Die durchschnittlichen minimalen und maximalen SL eines Wurfes unterscheiden sich je signifikant ($p=0,02$) nach der gruppierten WNr. Die Werte sind auch hier mit steigender WNr größer (vgl. Anlage 17). Die Werte für die Kennzahlen auf Wurfebene über alle Wurfnummern 1-8 hinweg sind in der Anlage 15 und der Anlage 16 beigelegt.

Tab. 25: Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene in Abhängigkeit von der Wurfnummer des Herkunftswurfes.

SL in einem Wurf (cm)	WNr	n	MW	± s	Min	Max
Durchschnitt	1	268	8,63 ^a	0,60	7,33	10,27
	≥ 2	313	8,82 ^b	0,62	7,42	10,53
	Gesamt	581	8,73	0,62	7,33	10,53
Spannweite	1	268	2,54	0,81	0,70	5,20
	≥ 2	313	2,49	0,91	0,00	6,60
	Gesamt	581	2,51	0,86	0,00	6,60

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

In Abhängigkeit von der Anzahl igF liegen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) für die Kennzahlen MW, Minimum und Spannweite der SL in einem Wurf vor. Der MW und das Minimum der SL des Wurfes werden mit einer größeren Anzahl igF kleiner. Die Spannweite im Wurf steigt dagegen mit zunehmender Anzahl igF (s. Tab. 26). Die im Mittel größte SL innerhalb eines Wurfes unterscheidet sich nicht signifikant bei unterschiedlicher Anzahl igF (vgl. Anlage 21).

Tab. 26: Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF) des Herkunftswurfes.

SL in einem Wurf (cm)	igF	n	MW	± s	Min	Max
Durchschnitt	≤ 10	223	8,86 ^a	0,65	7,33	10,53
	11-13	235	8,69 ^b	0,58	7,49	10,41
	≥ 14	123	8,59 ^b	0,59	7,36	10,37
	Gesamt	581	8,73	0,62	7,33	10,53
Spannweite	≤ 10	223	2,21 ^a	0,87	0,00	6,60
	11-13	235	2,57 ^b	0,75	1,30	5,20
	≥ 14	123	2,95 ^c	0,85	1,40	6,00
	Gesamt	581	2,51	0,86	0,00	6,60

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Die Korrelationen nach Spearman zwischen dem MW der SL und der minimalen sowie der maximalen SL im Wurf betragen $r=0,77-0,80$. Die Spannweite in einem Wurf korreliert mit dem Maximum der SL mit $r=0,29$ und mit dem Minimum der SL mit $r=-0,66$ (s. Tab. 27).

Tab. 27: Korrelationen von Kennzahlen der Schwanzlänge auf Wurfebene (n=581).

Kennzahl	SL Min Wurf	SL Max Wurf	Spann- weite
SL Ø Wurf	0,771**	0,798**	-0,170**
SL Min Wurf	1,000	0,471**	-0,658**
SL Max Wurf		1,000	0,290**

** . Die Korrelation ist bei $p \leq 0,01$ signifikant.

4.1.3 Homogenität der Würfe in Abhängigkeit vom Niveau der Schwanzlänge

Bei einer Gruppierung der SL auf Wurfebene zeigen sich signifikante Unterschiede ($p=0,004$) für die Spannweite der SL in den Würfeln. Je länger die mittlere SL in einem Wurf ist, desto geringer ist die Spannweite. Zwischen $2,62 \pm 0,76$ cm bei einem geringen Längenniveau ($SL < 8,42$ cm) und $2,37 \pm 0,90$ cm bei einem hohen Längenniveau ($SL \geq 9,04$) unterscheidet sich die Spannweite signifikant ($p=0,003$) um 0,25 cm. Die Würfe sind dementsprechend bei einem höheren Längen-Niveau in sich homogener (s. Tab. 28), was die ermittelten Korrelationen aus Tab. 27 bestätigt.

Die SL des kürzesten sowie auch längsten Schwanzes in einem Wurf steigen an mit einer höheren durchschnittlicher SL in einem Wurf. Die kürzesten SL steigen von 6,66 auf 8,23 cm und die längsten SL von 9,28 auf 10,60 cm. Diese Unterschiede sind signifikant ($p \leq 0,001$).

Tab. 28: Schwanzlänge und Spannweite auf Wurfebene nach Schwanzlänge im Wurf.

Ø SL in einem Wurf (cm)	n (=581)	Spannweite in einem Wurf (cm)	
		MW	± s
< 8,42	176	2,62 ^a	0,76
8,42 - 9,03	231	2,54 ^{a,b}	0,89
≥ 9,04	174	2,37 ^b	0,90

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Mit einem unterschiedlichen Niveau der SL in einem Wurf zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Spannweite der SL im Wurf. Homogenere Würfe, also solche Würfe mit geringen internen Spannweiten von 0-1 cm, treten vorrangig bei einer höheren Wurf-SL auf. Von acht Würfeln mit einer sehr geringen mittleren SL im Wurf ($\leq 7,50$ cm) liegt bei keinem der Würfe eine Spannweite von maximal 1,0 cm vor. Zwei dieser Würfe haben eine Spannweite von 1,1-2,0 cm. Zudem liegt in nur einem von 99 Würfeln mit einer SL von $\leq 8,12$ cm im Wurf eine Spannweite von höchstens 1,0 cm vor (s. Tab. 29).

Ein Auszug an Würfeln, die bei einem geringen Längenniveau im Wurf eine geringe Spannweite zwischen den einzelnen Schwanzlängen haben, ist in Anlage 18 und Anlage 19 aufgeführt.

Tab. 29: Häufigkeit des Auftretens unterschiedlicher Spannweiten in einem Wurf bei sehr hohen bzw. geringen durchschnittlichen Schwanzlängen auf Wurfebene.

Spannweite in einem Wurf (cm)	Kleine bzw. große Ø SL in einem Wurf (cm)			
	-2s ≤ 7,50 cm/ (n=8)	-1s ≤ 8,12 cm/ (n=99)	+1s ≥ 9,35 cm/ (n=95)	+2s ≥ 9,97 cm/ (n=19)
Anteil der Würfe (%)				
0,0-1,0	0,0	1,0	4,2	5,3
1,1-2,0	25,0	19,2	41,1	47,4
2,1-3,0	50,0	49,5	41,1	26,3
3,1-4,0	12,5	22,2	11,6	21,0
>4,0	12,5	8,1	2,0	0,0

4.2 Ausprägung weiterer Körpermerkmale neugeborener Ferkel

4.2.1 Ausprägung des Durchmessers des Schwanzes

Der DM des Schwanzes beträgt im Mittel $0,79 \pm 0,09$ cm. Die Werte reichen von 0,40-1,20 cm. Der Schwanz- DM von 380 bzw. ca. 6% der Ferkel beträgt 0,6 cm oder weniger. 3.191 bzw. ca. 50% der Ferkel haben am Schwanzansatz einen DM von 0,8 cm (s. Tab. 30).

Tab. 30: Verteilung des Schwanzdurchmessers der Ferkel.

DM (cm)	n (=6.428)	%	% kum.
≤ 0,6	380	5,91	5,91
0,7	1.556	24,21	30,12
0,8	3.191	49,64	79,76
0,9	1.012	15,74	95,50
≥ 1,0	289	4,50	100,00

Lebend geborene Ferkel weisen mit 0,79 cm einen um 0,07 cm dickeren Schwanz auf, als tot geborene. Die Differenz ist signifikant ($p \leq 0,001$). Zwischen den Geschlechtern liegen auch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) vor (vgl. Anlage 23). In Abhängigkeit von der Anzahl igF

sowie IgF im Wurf unterscheiden sich die Werte für den DM signifikant ($p \leq 0,001$). Die Werte werden dabei kleiner, je größer der Wurf ist (vgl. Anlage 20 und Anlage 22).

4.2.2 Ausprägung der Körperlänge

Die KL beim neugeborenen Ferkel beträgt im Mittel $27,43 \pm 2,40$ cm. Das Minimum ist 16,50 cm. Der größte Wert beträgt 35,50 cm. 950 bzw. ca. 15% der Ferkel haben eine KL bis 24,5 cm. Dagegen beträgt sie bei 1.029 bzw. ca. 16% der Ferkel mindestens 30,0 cm (s. Tab. 31).

Tab. 31: Verteilung der Körperlänge der Ferkel.

KL (cm)	n (=6.428)	%	% kum.
$\leq 24,5$	950	14,78	14,78
25,0-25,5	569	8,85	23,63
26,0-26,5	854	13,29	36,92
27,0-27,5	1.098	17,08	54,00
28,0-28,5	1.041	16,19	70,19
29,0-29,5	887	13,80	83,99
$\geq 30,0$	1.029	16,01	100,00

Die KL unterscheidet sich zwischen toten und lebenden Ferkeln signifikant ($p \leq 0,001$). Bei einem lebenden Ferkel beträgt sie 27,31 cm und ist damit 1,17 cm kürzer, als beim toten Ferkel. Zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln unterscheidet sich die KL signifikant ($p \leq 0,001$) (vgl. Anlage 23). Die KL unterscheidet sich ebenfalls signifikant ($p \leq 0,001$) je nach Anzahl der igF und IgF (vgl. Anlage 20 und Anlage 22).

4.2.3 Ausprägung des Gewichts

Das mittlere Gew neugeborener Ferkel beträgt $1,46 \pm 0,36$ kg. Die Werte reichen von 0,51 bis 2,60 kg. Es wiegen 721 bzw. ca. 11% der Ferkel unter 1,00 kg. 1.100 und damit ca. 17% der Ferkel wiegen mindestens 1,80 kg. Für zwei Ferkel fehlen die Gewichtsangaben (s. Tab. 32).

Tab. 32: Verteilung des Gewichts der Ferkel.

Gewicht (kg)	n (=6.428)	%	% kum.
≤ 0,99	721	11,22	11,22
1,00-1,19	745	11,59	22,81
1,20-1,39	1.133	17,63	40,44
1,40-1,59	1.499	23,32	63,76
1,60-1,79	1.228	19,10	82,86
≥ 1,80	1.100	17,11	99,97
Fehlend	2	0,03	100,00

Das Gew der Ferkel unterscheidet sich zwischen lebenden und toten Ferkeln. Die Unterschiede sind signifikant ($p \leq 0,001$). Lebende Ferkel sind im Vergleich 0,16 kg schwerer. Sie wiegen im Durchschnitt 1,47 kg. Darüber hinaus liegen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) des Gew in Abhängigkeit vom Geschlecht (vgl. Anlage 23), der Anzahl igF (vgl. Anlage 20) sowie der Anzahl IgF (vgl. Anlage 22) vor.

4.2.4 Ausprägung der Körpermerkmale der Ferkel bei sehr kurzer Schwanzlänge

Der MW der SL beträgt $8,69 \pm 0,99$ cm. Ferkel mit sehr kurzen SL haben Schwänze, welche im Vergleich zum MW um eine Standardabweichung (s) kürzer sind.

Bei einer Abweichung von 1s in Richtung kürzere Schwänze ergibt sich ein Grenzwert von 7,70 cm. Derartige Schwänze werden bei 899 Ferkel beobachtet. Der MW ihrer SL beträgt $7,08 \pm 0,53$ cm. Die Werte reichen von einem Minimum von 4,10 cm bis zu einem Maximum von 7,60 cm. Der mittlere DM der ausgewählten Tiere beträgt $0,68 \pm 0,09$ cm, der Körper ist durchschnittlich $24,52 \pm 2,08$ cm lang. Diese Ferkel wiegen im Mittel $1,01 \pm 0,30$ kg bei maximal 2,14 kg. Die mittlere WZ im Schwanzbereich beträgt $22,30 \pm 2,42$ Stück (s. Tab. 33).

Die Werte für 191 Ferkel bei einer Abweichung der SL von 2s vom MW in Richtung kürzere Schwänze sind in der Anlage 13 aufgeführt.

Tab. 33: Ausprägung der Körpermerkmale bei sehr geringen Schwanzlängen der Ferkel (bis 7,70 cm; =MW – 1s).

Kennzahl	n	MW	± s	Min	Max
SL (cm)	899	7,08	0,53	4,10	7,60
DM (cm)	899	0,68	0,09	0,40	1,00
KL (cm)	899	24,52	2,08	19,50	32,00
Gew (kg)	899	1,01	0,30	0,51	2,14
WZ (Stk.)	157	22,30	2,42	16	28

4.3 Einflüsse auf die Schwanzlänge neugeborener Ferkel

4.3.1 Einfluss der Wurfnummer

Die bereinigte SL beträgt für Ferkel aus einem ersten Wurf einer Sau $8,34 \pm 0,02$ cm. Mit einer höheren Wurfnummer sind die Schwänze der Ferkel im Mittel $8,38 \pm 0,03$ cm lang (s. Tab. 34).

Tab. 34: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).

WNr	LSM	±	SE
1	8,34	±	0,02
≥ 2	8,38	±	0,03

4.3.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Zwischen den 17 Messzeitpunkten treten signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) hinsichtlich der SL der Ferkel auf. So beträgt die gesamte Varianz 0,93 cm. Die mittlere Länge zum fünften Zeitpunkt beträgt minimale $8,00 \pm 0,04$ cm und zum 14. Zeitpunkt maximale $8,93 \pm 0,05$ cm (s. Tab. 35).

Tab. 35: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).

MZP	LSM	±	SE
1	8,19 ^a	±	0,04
2	8,36 ^b	±	0,04
3	8,35 ^{b,d}	±	0,04
4	8,01 ^c	±	0,04
5	8,00 ^c	±	0,04
6	8,11 ^{a,c}	±	0,04
7	8,01 ^c	±	0,04
8	8,31 ^{d,e}	±	0,06
9	8,35 ^{b,e}	±	0,05
10	8,37 ^{b,f}	±	0,05
11	8,62 ^g	±	0,05
12	8,77 ^h	±	0,05
13	8,75 ^h	±	0,05
14	8,93 ⁱ	±	0,05
15	8,22 ^a	±	0,04
16	8,41 ^f	±	0,05
17	8,42 ^f	±	0,06

a,b,c,d,e,f,g,h,i signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.3.3 Einfluss von Anomalien des Schwanzes

Die SL von Ferkeln mit einem Schwanz, der normal ausgeprägt ist, d.h., bei dem keine Anomalie auftritt, beträgt $8,73 \pm 0,01$ cm. Zeigt sich eine Anomalie im Schwanzbereich, beträgt die Länge des Schwanzes $7,99 \pm 0,04$ cm. Je nachdem, ob eine Anomalie auftritt, liegt ein signifikanter Unterschied bzgl. der SL der Ferkel vor ($p < 0,001$). Diese Werte sind in der Tab. 36 enthalten.

Tab. 36: Schwanzlänge (LSM ± SE) in Abhängigkeit von Anomalien des Schwanzes (n=4.538).

Anomalie bzw. Schwanzform	LSM	±	SE
Normalschwanz	8,73 ^a	±	0,01
Schwanz mit Anomalie	7,99 ^b	±	0,04

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4 Einflüsse auf weitere Kennzahlen neugeborener Ferkel

4.4.1 Einflüsse auf den Durchmesser des Schwanzes des Ferkels

4.4.1.1 Einfluss der Wurfnummer

Der DM des Schwanzes unterscheidet sich signifikant ($p < 0,001$) in Abhängigkeit davon, ob die Ferkel aus einem ersten oder folgenden Wurf ihrer Mutter hervorgehen. Bei einem Erstwurf beträgt der bereinigte DM $0,78 \pm 0,00$ cm. Bei einem folgenden Wurf liegt der Wert bei $0,79 \pm 0,00$ cm. Diese Werte sind in Tab. 37 dargestellt.

Tab. 37: Durchmesser des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).

WNR	LSM	\pm	SE
1	0,78 ^a	\pm	0,00
≥ 2	0,79 ^b	\pm	0,00

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4.1.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Je nach Messzeitpunkt der Datenerhebung werden signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) bzgl. des DM beobachtet. LSM- Werte von 0,75-0,84 cm werden dabei festgestellt (s. Tab. 38).

Tab. 38: Durchmesser des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).

MZP	LSM	\pm	SE
1	0,84 ^a	\pm	0,00
2	0,81 ^b	\pm	0,00
3	0,77 ^c	\pm	0,00
4	0,77 ^c	\pm	0,00
5	0,78 ^{c,e}	\pm	0,00
6	0,80 ^{d,f}	\pm	0,00
7	0,78 ^{d,e}	\pm	0,00
8	0,80 ^{b,f,g}	\pm	0,01
9	0,79 ^{d,g,h}	\pm	0,01
10	0,78 ^{e,h,i}	\pm	0,01
11	0,78 ^{e,h,k}	\pm	0,01
12	0,79 ^{d,g,i,k}	\pm	0,01
13	0,77 ^c	\pm	0,01
14	0,79 ^{d,e}	\pm	0,01
15	0,75 ^l	\pm	0,00
16	0,78 ^{e,h,k}	\pm	0,01
17	0,79 ^{d,i,k}	\pm	0,01

a,b,c,d,e,f,g,h,i,k,l signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4.2 Einflüsse auf die Körperlänge des Ferkels

4.4.2.1 Einfluss der Wurfnummer

Die KL von Ferkeln beträgt bei der Abstammung aus einem Erstwurf $27,35 \pm 0,03$ cm. Bei einer höheren Wurfnummer beträgt die KL $27,30 \pm 0,04$ cm. Es liegt kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Werten vor (s. Tab. 39).

Tab. 39: Körperlänge (LSM \pm SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).

WNr	LSM	\pm	SE
1	27,35	\pm	0,03
≥ 2	27,30	\pm	0,04

4.4.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Die bereinigte KL beträgt in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Messung zwischen $26,77 \pm 0,11$ cm und $27,87 \pm 0,08$ cm. Die Unterschiede zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten sind signifikant ($p < 0,001$). In der Tab. 40 sind diese Ergebnisse aufgeführt.

Tab. 40: Körperlänge (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).

MZP	LSM	\pm	SE
1	27,20 ^{a,h}	\pm	0,07
2	27,48 ^{b,c,e}	\pm	0,07
3	27,42 ^c	\pm	0,07
4	27,57 ^b	\pm	0,08
5	27,51 ^b	\pm	0,08
6	27,87 ^d	\pm	0,08
7	27,66 ^{b,d}	\pm	0,08
8	27,71 ^{b,d}	\pm	0,11
9	27,46 ^{b,c}	\pm	0,10
10	27,22 ^{a,c,h}	\pm	0,10
11	27,25 ^{a,c,e,h}	\pm	0,10
12	26,77 ^f	\pm	0,11
13	26,87 ^f	\pm	0,10
14	27,16 ^{a,g,h}	\pm	0,10
15	26,91 ^{f,g}	\pm	0,08
16	27,04 ^{a,f}	\pm	0,10
17	27,42 ^{b,c,h}	\pm	0,11

a,b,c,d,e,f,g,h signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4.3 Einflüsse auf das Gewicht des Ferkels

4.4.3.1 Einfluss der Wurfnummer

In Abhängigkeit davon, bei welcher Wurfnummer der Mutter ein Ferkel geboren worden ist, beträgt das Gew $1,42 \pm 0,00$ kg nach einem ersten Wurf und $1,46 \pm 0,01$ kg nach einer höheren Wurfnummer. Die Unterschiede sind signifikant ($p < 0,001$). Diese Werte zeigt die Tab. 41.

Tab. 41: Gewicht (LSM \pm SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer (n=4.538).

Wnr	LSM	\pm	SE
1	1,42 ^a	\pm	0,00
≥ 2	1,46 ^b	\pm	0,01

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4.3.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Zwischen den Messzeitpunkten unterscheiden sich die Gewichte signifikant ($p < 0,001$). Sie reichen von $1,38 \pm 0,01$ kg zum Zeitpunkt 6 bis $1,50 \pm 0,02$ kg zum Zeitpunkt 13 (s. Tab. 42).

Tab. 42: Gewicht (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).

MZP	LSM	\pm	SE
1	1,47 ^a	\pm	0,01
2	1,42 ^b	\pm	0,01
3	1,46 ^{a,c,f}	\pm	0,01
4	1,42 ^b	\pm	0,01
5	1,42 ^{b,d}	\pm	0,01
6	1,38 ^{c,e}	\pm	0,01
7	1,40 ^{b,e}	\pm	0,01
8	1,39 ^{b,e}	\pm	0,02
9	1,41 ^{b,e}	\pm	0,01
10	1,45 ^{a,d,g}	\pm	0,01
11	1,43 ^{b,f,g,h}	\pm	0,02
12	1,49 ^{a,i}	\pm	0,02
13	1,50 ⁱ	\pm	0,02
14	1,46 ^{a,h,k}	\pm	0,02
15	1,48 ^{a,i}	\pm	0,01
16	1,42 ^{b,f,g,k}	\pm	0,02
17	1,41 ^{b,e,g}	\pm	0,02

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,k} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.4.3.3 Einfluss des Geschlechts

Das Gew eines Ferkels wird signifikant ($p=0,027$) von seinem Geschlecht beeinflusst. Männliche Ferkel wiegen dabei $1,45 \pm 0,01$ kg, weibliche $1,43 \pm 0,01$ kg (s. Tab. 43)

Tab. 43: Gewicht (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Geschlecht des Ferkels (n=4.538).

Geschlecht	LSM	\pm	SE
1 (m)	1,45 ^a	\pm	0,01
2 (w)	1,43 ^b	\pm	0,01

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.5 Schätzung genetischer Parameter für Schwanzlänge, Durchmesser, Körperlänge und Gewicht

Die Schätzung der genetisch-statistischen Parameter erfolgte mittels des REML-Verfahrens unter Anwendung eines multivariaten Tiermodells. Insgesamt wurden 6.419 Phänotypwerte von Einzeltieren zu den Merkmalen SL, DM, KL und Gew einbezogen. Im Pedigree waren insgesamt 113.693 Tiere vertreten. Im multivariaten Tiermodell wurden als fixe Effekte die Wurfnummer, der Messzeitpunkt und das Geschlecht berücksichtigt, als zufällige Effekte gingen der direkte additiv-genetische Effekt des Tieres selbst, der maternal-genetische Effekt (Kodierung über die Mutternummer) sowie der Effekt der Wurfumwelt ein. Die Ergebnisse sind in Tab. 44 dargestellt.

Tab. 44 zeigt für die Merkmale SL, DM und KL, dass die direkte Heritabilität jeweils die maternale Heritabilität überschreitet. Die SL weist mit einem Wert von $h_d^2=0,306$ die höchste Heritabilität auf. Für das Gew gilt jedoch, dass es mit einer nur relativ geringen direkten Heritabilität von $h_d^2=0,043$, aber einer deutlich höheren maternalen Heritabilität von $h_m^2=0,137$ genetisch überwiegend maternal bestimmt wird. Der jeweilige Anteil der maternal-genetischen Komponente ist für das Gew am höchsten, für die Merkmale SL, DM und KL ist er mit Werten von unter $h_m^2=0,1$ geringer.

Innerhalb der direkten additiv-genetischen Komponenten ergeben sich relativ hohe direkte genetische Korrelationen im mittleren positiven Bereich. Für die maternal-genetischen Komponenten sind die Korrelationen mit Werten zwischen $r_{gm}=0,82 - 0,99$ sehr hoch. Dies deutet evtl. auch auf Probleme mit der Schätzbarkeit dieser Beziehungen mit dem vorliegenden Datenmaterial hin. Die so genannten „Kreuzkorrelationen“ zwischen direkten additiv-genetischen Komponenten und den maternal-genetischen Komponenten sind durchweg nicht sehr deutlich verschieden von Null.

Tab. 44: Ergebnisse der Schätzung genetischer Parameter für die Merkmale Schwanzlänge (SL), Schwanzdurchmesser (DM), Körperlänge (KL) und Gewicht (GEW): Heritabilitäten für den direkten additiv-genetischen Effekt, maternale Heritabilitäten (relativer Varianzanteil der maternal-genetischen Komponente) und genetische Korrelationen *)

Kennzahl	SL	DM	KL	Gew	SL	DM	KL	Gew
	direkt	direkt	direkt	direkt	mat	mat	mat	mat
SL	0,306	0,60	0,42	0,41	-0,05	0,12	-0,12	-0,08
direkt	(0,03)	(0,08)	(0,08)	(0,08)	(0,05)	(0,06)	(0,04)	(0,04)
DM		0,122	0,48	0,59	0,02	0,23	-0,10	0,02
direkt		(0,02)	(0,11)	(0,11)	(0,05)	(0,07)	(0,04)	(0,03)
KL			0,177	0,87	0,08	0,22	-0,10	0,03
direkt			(0,04)	(0,04)		(0,05)	(0,05)	(0,03)
Gew				0,043	0,05	0,30	-0,18	-0,00
direkt				(0,03)	(0,05)	(0,06)	(0,05)	(0,03)
SL					0,073	0,93	0,96	0,99
mat					(0,02)	(0,04)	(0,02)	(0,004)
DM						0,057	0,82	0,91
mat						(0,01)	(0,06)	(0,05)
KL							0,095	0,97
mat							(0,03)	(0,01)
Gew								0,137
mat								(0,03)

*) Standardfehler jeweils in Klammern.

In Tab. 45 sind die Ergebnisse für die Schätzung der relativen Wurfumweltkomponente aufgeführt. Für alle untersuchten Merkmale liegen diese zwischen $c^2=0,09 - 0,16$. Die Wurfumwelt ist also nur von untergeordneter Bedeutung. Die Korrelationen zwischen den Komponenten für verschiedene Merkmale sind mit Werten im Bereich von $r= 0,78 - 0,88$ sehr hoch.

Tab. 45: Schätzwerte für den relativen Varianzanteil der Wurfumwelt und Korrelationen zwischen den Komponenten für die Wurfumwelt für die Merkmale Schwanzlänge (SL), Schwanzdurchmesser (DM), Körperlänge (KL) und Gewicht (GEW) *)

Kennzahl	SL	DM	KL	Gew
SL	0,103 (0,01)	0,87 (0,03)	0,88 (0,02)	0,78 (0,03)
DM		0,086 (0,01)	0,84 (0,04)	0,80 (0,02)
KL			0,113 (0,01)	0,86 (0,02)
Gew				0,160 (0,01)

*) Standardfehler jeweils in Klammern.

Das Auftreten einer Anomalie wird mit einer Heritabilität von $h_d^2=0,343$ vererbt (s. Tab. 46).

Tab. 46: Direkte Heritabilität für das Merkmal Anomalie tritt auf/ tritt nicht auf (n=6.419).

Kennzahl	h_d^2
Ano. ja/nein	0,343

4.6 Spätere Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge

4.6.1 Entwicklung von Gewicht, Speck- und Muskeldicke in Abhängigkeit von der Schwanzlänge

Das Geburtsgewicht ist zwischen Ferkeln mit unterschiedlicher SL signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,001$). Ferkel mit einem kürzeren Schwanz haben auch ein geringeres Gewicht. Zum Zeitpunkt der Erfassung des Testgewichts am 155-160. Lebenstag sind die Gewichte ebenfalls signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,001$). Auch hier haben die Schweine, welche zur Geburt einen kürzeren Schwanz haben, ein geringeres Gewicht. Die Ergebnisse für die spätere Entwicklung der Ferkel sind in Tab. 47 und Tab. 48 aufgeführt.

Tab. 47: Kennzahlen der späteren Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit der Schwanzlänge zur Geburt (1).

Kennzahl	SL (cm)	n	MW	± s	Min	Max
Geburtsgewicht (kg)	<7,0	36	1,09 ^a	0,24	0,69	1,60
	7,0-7,9	409	1,26 ^a	0,25	0,77	2,12
	8,0-8,9	1.268	1,48 ^b	0,25	0,52	2,43
	9,0-9,9	1.080	1,69 ^c	0,24	0,77	2,43
	≥10,0	322	1,89 ^d	0,25	1,27	2,60
	Gesamt	3.115	1,56	0,31	0,52	2,60
Testgewicht (kg), LT 155-160	<7,0	36	96,61 ^a	10,61	74,00	122,50
	7,0-7,9	409	103,15 ^b	12,53	72,00	140,00
	8,0-8,9	1.268	106,40 ^c	12,60	71,00	154,50
	9,0-9,9	1.080	109,36 ^d	12,58	71,00	148,00
	≥10,0	322	109,67 ^d	12,53	74,00	140,00
	Gesamt	3.115	107,23	12,79	71,00	154,50
Lebenstagszunahme (g)	<7,0	36	649,72 ^a	62,52	507,00	770,00
	7,0-7,9	409	686,46 ^b	65,45	497,00	886,00
	8,0-8,9	1.268	705,63 ^c	65,00	493,00	975,00
	9,0-9,9	1.080	725,39 ^d	67,01	479,00	931,00
	≥10,0	322	732,98 ^d	63,55	514,00	886,00
	Gesamt	3.115	712,15	67,46	479,00	975,00

^{a,b,c,d} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Tab. 48: Kennzahlen der späteren Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit der Schwanzlänge zur Geburt (2).

Kennzahl	SL (cm)	n	MW	± s	Min	Max
Speckdicke (cm),	<7,0	36	6,38	0,85	4,67	8,75
LT 155-160	7,0-7,9	409	6,55	0,91	4,50	11,00
	8,0-8,9	1.268	6,50	0,91	4,00	11,25
	9,0-9,9	1.080	6,60	0,94	4,50	11,00
	≥10,0	322	6,52	0,83	4,33	9,33
	Gesamt	3.115	6,54	0,91	4,00	11,25
Muskeldicke (cm),	<7,0	36	63,83 ^a	6,02	50,00	75,00
LT 155-160	7,0-7,9	409	65,11 ^a	4,95	50,00	78,00
	8,0-8,9	1.268	65,72 ^a	4,80	48,00	79,00
	9,0-9,9	1.080	66,78 ^b	4,81	47,00	83,50
	≥10,0	322	66,97 ^b	5,22	50,00	82,00
	Gesamt	3.115	66,11	4,93	47,00	83,50

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Für die männlichen geprüften Ferkel unterscheiden sich, je nach der SL, neben dem Geburtsgewicht auch die im Laufe der Entwicklung erfassten Gewichte sowie die durchschnittlichen Zunahmen während der Prüfphase signifikant ($p=0,014$). Dabei wiegen die zur Geburt kurzschwänzigen Ferkel stets weniger als solche Ferkel mit längeren Schwänzen. Die Ferkel mit kurzen Schwänzen und geringen Gewichten zur Geburt nehmen im Mittel vergleichsweise weniger je Tag zu (s. Tab. 49).

Tab. 49: Kennzahlen der späteren Entwicklung bei männlichen Ferkeln in Abhängigkeit von der Schwanzlänge zur Geburt.

Kennzahl	SL (cm)	n	MW	± s	Min	Max
Geburtsgewicht (kg)	<7,0	8	1,26 ^{a,b}	0,23	0,97	1,55
	7,0-7,9	143	1,33 ^a	0,25	0,96	2,12
	8,0-8,9	510	1,54 ^b	0,24	0,52	2,43
	9,0-9,9	436	1,74 ^c	0,24	0,77	2,43
	≥10,0	112	1,96 ^d	0,24	1,29	2,60
	Gesamt	1.209	1,63	0,30	0,52	2,60
Gewicht 1 (kg), LT 25-30	<7,0	8	6,68 ^{a,b}	0,87	5,20	7,80
	7,0-7,9	143	7,26 ^a	0,96	5,20	11,00
	8,0-8,9	510	7,75 ^b	1,13	5,20	12,00
	9,0-9,9	436	8,14 ^c	1,19	5,10	11,70
	≥10,0	112	8,43 ^c	1,13	5,20	11,00
	Gesamt	1.209	7,89	1,18	5,10	12,00
Gewicht 2 (kg), LT 85-90	<7,0	8	35,72 ^{a,b}	4,91	28,00	42,50
	7,0-7,9	143	38,79 ^a	4,69	29,00	50,50
	8,0-8,9	510	40,08 ^b	5,14	25,00	56,00
	9,0-9,9	436	41,50 ^c	5,53	27,00	60,50
	≥10,0	112	43,16 ^d	4,68	30,00	52,00
	Gesamt	1.209	40,69	5,33	25,00	60,50
Gewicht 3 (kg), LT 130-140	<7,0	8	82,31 ^a	8,24	74,50	94,00
	7,0-7,9	143	90,57 ^{a,b}	7,31	72,50	111,00
	8,0-8,9	510	92,33 ^b	7,83	73,00	120,50
	9,0-9,9	436	94,20 ^c	8,64	71,50	116,50
	≥10,0	112	97,08 ^d	7,24	75,00	111,50
	Gesamt	1.209	93,17	8,24	71,50	120,50
Tägliche Zunahme im Prüfabschnitt (g), ab LT 88	<7,0	8	988,00 ^a	107,50	840,00	1.139,00
	7,0-7,9	143	1.075,70 ^{a,b}	87,22	917,00	1.292,00
	8,0-8,9	510	1.079,43 ^{a,b}	92,64	826,00	1.410,00
	9,0-9,9	436	1.086,69 ^{a,b}	96,31	792,00	1.403,00
	≥10,0	112	1.095,29 ^b	91,37	840,00	1.282,00
	Gesamt	1.209	1.082,47	93,67	792,00	1.410,00

^{a,b,c,d} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.6.2 Korrelationen zu Kennzahlen der späteren Entwicklung

Das Geburtsgewicht der Ferkel korreliert mit den zu einem späteren Zeitpunkt erhobenen Gewichten sowie der Lebenstagszunahme bei $r=0,34-0,44$ ($p \leq 0,01$). Die SL der Ferkel zur Geburt korreliert mit den gleichen Kennzahlen bei $r=0,18-0,31$ ($p \leq 0,01$). Tab. 50 zeigt dies.

Tab. 50: Korrelationen zwischen Kennzahlen zur Geburt und der späteren Entwicklung.

Kennzahl der Entwicklung	Geburtsgewicht:		Schwanzlänge zur Geburt:	
	r	n	r	n
Geburtsgewicht	1,000	6.426	0,661**	6.426
Gewicht 1, LT 25-30	0,442**	1.416	0,305**	1.417
Gewicht 2, LT 85-90	0,345**	1.298	0,236**	1.299
Gewicht 3, LT 130-140	0,350**	1.259	0,219**	1.260
Testgewicht, LT 155-160	0,341**	3.115	0,184**	3.116
Lebenstagszunahme	0,373**	3.115	0,235**	3.116
Tägliche Zunahme im Prüfabschnitt, ab LT 88	0,176**	1.220	0,080**	1.221
Speckdicke, LT 155-160	0,055**	3.115	0,022	3.116
Muskeldicke, LT 155-160	0,209**	3.115	0,130**	3.116

** Die Korrelation ist bei $p \leq 0,01$ signifikant.

4.7 Anomalien des Schwanzes von Ferkeln

4.7.1 Häufigkeiten des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln

Bei 454 aller 6.428 Ferkel wurde eine Schwanzanomalie festgestellt. Damit haben insgesamt 7,06% der Ferkel eine Verformung im Schwanzbereich. Die anderen 5.974 Ferkel bzw. 92,94% hatten normal geformte Schwänze (s. Tab. 51).

Tab. 51: Häufigkeit des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln.

Anomalie	n	%	% kum.
0/ ohne	5.974	92,94	92,94
Klasse I	185	2,88	95,82
Klasse II	65	1,01	96,83
Klasse III	204	3,17	100,00
Gesamt	6.428	100,00	

Es wurden 3.300 männliche und 3.128 weibliche Ferkel untersucht. Dabei haben 92,79% der männlichen bzw. 93,09% der weiblichen Ferkel einen normal geformten Schwanz. Von den männlichen Ferkeln haben 7,21% eine Schwanzanomalie. Dabei sind 2,67% mit einer Anomalie der Klasse I, 1,03% mit der Klasse II und 3,52% mit der Klasse III betroffen. Weibliche Ferkel haben zu 6,91% eine Anomalie des Schwanzes. Hier werden 3,10% der Klasse I, 0,99% der Klasse II und 2,81% der Klasse III zugeordnet.

Von 5.790 lebenden Ferkeln haben 92,64% eine normale Schwanzform. 426 oder 7,36% der lebenden Ferkel haben eine Anomalie. Von den 638 toten Ferkeln haben 95,61% normale Schwänze. Bei 28 bzw. 4,39% der toten Ferkeln wird eine Anomalie beobachtet (s. Tab. 52).

Tab. 52: Anteil unterschiedlicher Schwanzformen bei lebenden und toten Ferkeln.

Anomalie	lebend			tot		
	n	%	% kum.	n	%	% kum.
0/ ohne	5.364	92,64	92,64	610	95,61	95,61
Klasse I	180	3,11	95,75	5	0,78	96,39
Klasse II	59	1,02	96,77	6	0,94	97,33
Klasse III	187	3,23	100,00	17	2,67	100,00
Gesamt	5.790	100,00		638	100,00	

Insgesamt haben 5.974 Ferkel normal geformte Schwänze bzw. keine Anomalie. Von diesen leben 5.364 Ferkel bzw. 89,79%, 610 Ferkel, also 10,21%, sind tot. (vgl. Anlage 24).

4.7.2 Einflüsse auf die Ausprägung von Anomalien im Schwanzbereich

4.7.2.1 Einfluss der Wurfnummer

Für das binäre Merkmal Auftreten einer Anomalie beträgt der bereinigte Mittelwert $1,06 \pm 0,01$ in der Folge eines ersten Wurfs. Nach einem zweiten oder späteren Wurf beträgt der Wert $1,09 \pm 0,01$. Signifikante Unterschiede ($p=0,002$) werden beobachtet. In der Tab. 53 sind diese Werte enthalten.

Tab. 53: Anomalien des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit von der Wurfnummer ($n=4.538$).

WNR	LSM	\pm	SE
1	1,06 ^a	\pm	0,01
≥ 2	1,09 ^b	\pm	0,01

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.7.2.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Zwischen den Messzeitpunkten treten signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) hinsichtlich des Auftretens einer Anomalie auf. Die Werte schwanken dabei zwischen $1,03 \pm 0,02$ und $1,16 \pm 0,02$. Die Ergebnisse sind in der Tab. 54 aufgeführt.

Tab. 54: Anomalien des Schwanzes (LSM \pm SE) in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt (n=4.538).

MZP	LSM	\pm	SE
1	1,06 ^{a,b,c,f}	\pm	0,01
2	1,08 ^{a,c}	\pm	0,01
3	1,09 ^{a,d}	\pm	0,01
4	1,04 ^{b,f}	\pm	0,01
5	1,06 ^{a,b,f}	\pm	0,01
6	1,05 ^{c,b,e,f}	\pm	0,01
7	1,04 ^{c,b,f}	\pm	0,01
8	1,06 ^{a,b,f}	\pm	0,01
9	1,08 ^{a,b}	\pm	0,02
10	1,07 ^{a,b,f}	\pm	0,02
11	1,07 ^{a,b,f}	\pm	0,02
12	1,07 ^{a,b,f}	\pm	0,02
13	1,12 ^{d,g}	\pm	0,02
14	1,16 ^g	\pm	0,02
15	1,09 ^{a,e,d}	\pm	0,01
16	1,05 ^{a,b,f}	\pm	0,02
17	1,03 ^f	\pm	0,02

a,b,c,d,e,f,g signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.7.3 Ausprägung unterschiedlicher Körpermerkmale beim Auftreten verschiedener Schwanzformen

Die SL unterscheidet sich zwischen Ferkeln mit normaler Schwanzform und solchen mit Anomalie signifikant ($p \leq 0,001$). Ferkel mit normaler Schwanzform haben eine SL von $8,74 \pm 0,96$ cm. Die Werte reichen von 4,70-12,50 cm. Die Spannweite liegt demzufolge bei 7,80 cm. Mit dem Auftreten einer Anomalie beträgt die mittlere SL $8,06 \pm 1,14$ cm mit Werten zwischen

4,10-10,90 cm. Die Spannweite beträgt somit 6,80 cm (s. Tab. 55). Die Kennzahlen DM, KL und Gew unterscheiden sich je nach Schwanzform nicht signifikant (vgl. Anlage 25).

Für die Betrachtung der Kennzahlen bei Auftreten der einzelnen Anomalieklassen ergibt sich ein ähnliches Bild. Normalschwänze unterscheiden sich dabei in ihrer Länge signifikant ($p \leq 0,001$) von den Schwänzen aus jeder Anomaliekategorie. Je nach Art der Anomalien beträgt die SL zwischen 7,77-8,30 cm (vgl. Anlage 26). Bzgl. der Ferkel mit Schwanzanomalie unterscheidet sich die SL bei den Klassen I und III signifikant ($p=0,003$) voneinander (s. Tab. 55). Für die Werte der Kennzahlen DM, KL und Gew liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Schwanzformen vor (vgl. Anlage 27).

Tab. 55: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.

Anomalie	n	SL (cm)			
		MW	$\pm s$	Min	Max
0/ ohne Ano.	5.974	8,74 ^{A,a}	0,96	4,70	12,50
Klasse I-III/ mit Ano.	454	8,06 ^B	1,14	4,10	10,90
davon Klasse I	185	8,30 ^b	1,09	5,10	10,90
davon Klasse II	65	7,77 ^{b,c}	1,40	4,10	10,40
davon Klasse III	204	7,93 ^c	1,04	5,40	10,50
Gesamt	6.428	8,69	0,99	4,10	12,50

^{A,B,a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Im Mittel sind Schwänze bei einer Anomalie ca. 0,5 cm kürzer als die SL ihres Herkunftswurfes. Im Vergleich zu den normal geformten Schwänzen bestehen dabei signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$). Unabhängig von der Richtung der Abweichung weichen die Schwänze bei Anomalie um $0,77 \pm 0,73$ cm vs. $0,60 \pm 0,47$ cm mehr vom Durchschnitt des Herkunftswurfes ab als die Schwänze ohne Anomalie (vgl. Anlage 28).

Die Ferkel unterscheiden sich in Abhängigkeit der Schwanzform in ihrem Geburts- sowie Testgewicht nicht signifikant voneinander. Nach 155-160 Tagen erreichen Ferkel mit normaler Schwanzform $107,22 \pm 12,86$ kg, während Ferkel mit einer Schwanzanomalie zwischen $105,95 \pm 10,33$ kg - $108,39 \pm 13,40$ kg wiegen (s. Tab. 56).

Tab. 56: Geburts- und Testgewicht der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.

Anomalie	Geburtsgewicht (kg)			Testgewicht (kg), LT 155-160		
	n	MW	± s	n	MW	± s
0/ ohne	2.889	1,56	0,31	2.889	107,22	12,86
Klasse I	97	1,57	0,29	97	105,95	10,33
Klasse II	31	1,60	0,30	31	108,03	10,88
Klasse III	98	1,58	0,33	98	108,39	13,40
Gesamt	3.115	1,56	0,31	3.115	107,23	12,79

Anomalien gestalten sich bei jedem Ferkel individuell. Damit unterscheiden sich die Ferkel voneinander. Beispiele für die verschiedenen Anomalien der drei Klassen sind in den Abb. 20 und Abb. 21 dargestellt.



Abb. 20: Beispiele für Schwanzanomalien der Klasse I (links) und der Klasse II (rechts).



Abb. 21: Beispiele für Schwanzanomalien der Klasse III.

Es können auch mehrere Anomalien an einem Schwanz beobachtet werden. Dies wurde bereits 1934 durch NORDBY beschrieben. Die Ausprägung solcher Mehrfachanomalien ist ebenso

individuell, wie die Ausprägung von Schwanzanomalien an sich. Solche mehrfachen Anomalien sind in der Abb. 22 beispielhaft aufgeführt.



Abb. 22: Beispiele für mehrere Anomalien in einem Schwanz: 2x Klasse II (links) und je 1x Klasse I + Klasse III (rechts).

Einige weitere Besonderheiten wurden festgestellt. So treten u.a. Schwänze auf, welche direkt am cranialen Schwanzansatz geknickt waren. Im Regelfall ist eine Anomalie weiter schwanzspitzenwärts, also nach caudal, etwa nach der Mitte des Schwanzes zu erwarten (NORDBY, 1934). Genau genommen müsste die Bezeichnung daher Schwanzspitzenanomalie sein. Insofern stellt eine Anomalie im ersten Drittel des Schwanzes eine besondere Situation dar. Es konnte außerdem z.B. auch ein Schwanz mit permanenten leichten Knicken beobachtet werden. Beide Beispiele sind in der Abb. 23 aufgeführt.



Abb. 23: Beispiele für besondere Anomalieformen: Anomalie direkt am Schwanzansatz (links) und permanente, leichte Anomalie (rechts).

Es zeigte sich oftmals beim Zählen der Schwanzwirbel, dass an der Stelle des Schwanzes, an welcher die Anomalie bzw. der Knick auftrat, mehrere Schwanzwirbel miteinander

verschmolzen waren. Eine derartige Verschmelzung ist daher als Ursache für das Entstehen von Anomalien in Betracht zu ziehen. Abb. 24 stellt zwei Beispiele dafür dar.

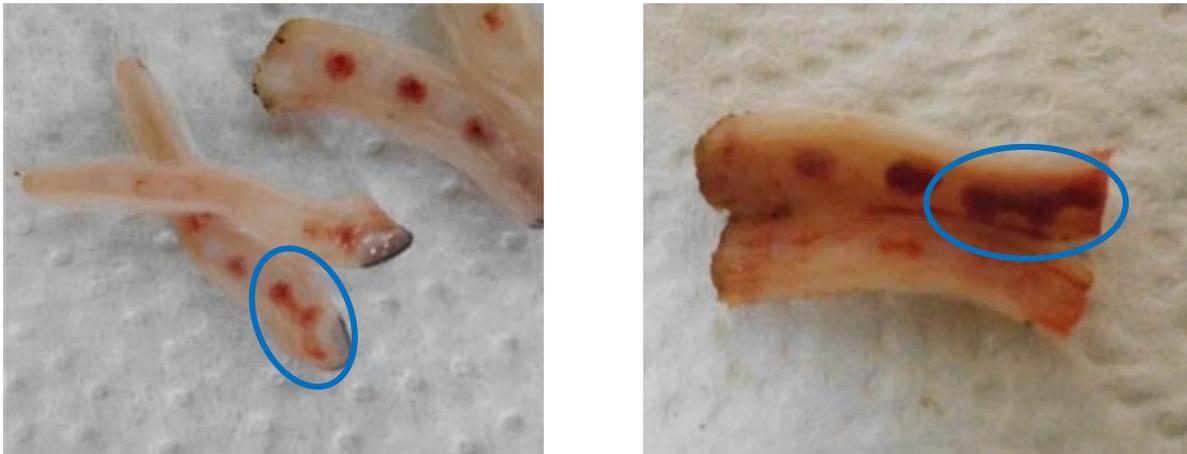


Abb. 24: Mögliche Ursache für Schwanzanomalien: Verschmelzung von Schwanzwirbeln.

4.8 Schwanzwirbel bei neugeborenen Ferkeln

4.8.1 Anzahl der Schwanzwirbel

Die mittlere WZ beträgt $24,11 \pm 2,41$ Stück. Dabei liegen die Werte zwischen 16-31 Schwanzwirbeln. Von den untersuchten Ferkeln haben 74 bzw. 13,41% bis zu 21 Schwanzwirbel. Ähnlich viele Ferkel werden mit 23, 24, 25, 26 oder mindestens 27 Schwanzwirbeln beobachtet. Aber nur 50 bzw. 9,06% der Ferkel haben 22 Schwanzwirbel (s. Tab. 57).

Tab. 57: Verteilung der Schwanzwirbelanzahl der Ferkel.

Wirbelanzahl (Stk.)	n (=552)	%	% kum.
≤ 21	74	13,41	13,41
22	50	9,06	22,46
23	87	15,76	38,22
24	83	15,04	53,26
25	98	17,75	71,01
26	75	13,59	84,60
≥ 27	85	15,40	100,00

Zwischen lebenden und toten Ferkeln unterscheidet sich die WZ signifikant ($p \leq 0,001$). Bei lebenden Ferkeln werden vs. tote Ferkeln mehr Schwanzwirbel gezählt. Während lebende Ferkel $24,22 \pm 2,36$ Wirbel aufweisen, sind es beim toten Tier $22,44 \pm 2,72$ Wirbel. In

Abhängigkeit vom Geschlecht des Ferkels (vgl. Anlage 23), der Anzahl igF (vgl. Anlage 20) oder der Anzahl lgF (vgl. Anlage 22) unterscheidet sich die WZ nicht signifikant.

4.8.2 Anzahl der Schwanzwirbel in Abhängigkeit von der Schwanzform

Die WZ eines Ferkels unterscheidet sich signifikant ($p \leq 0,001$) bei unterschiedlicher Schwanzform. Bei normalen Schwänzen werden $25,54 \pm 1,84$ Wirbel beobachtet. Unter den Bedingungen einer Schwanzanomalie sind es $23,80 \pm 2,41$ Wirbel (vgl. Anlage 29). Vor allem die Minimalwerte unterscheiden sich mit 20 bei Normalschwänzen vs. 16 bei Anomalien. Zudem liegen Unterschiede der WZ zwischen den einzelnen Formen vor. Bei einer leichten Abwinkelung haben die Ferkel signifikant ($p \leq 0,05$) mehr Wirbel, als bei stärkeren Abwinkelungen. Die Anomalien der Klassen II und III unterscheiden sich jedoch nicht signifikant voneinander. (s. Tab. 58).

Tab. 58: Schwanzwirbelanzahl der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzform.

Anomalie	n	WZ (Stk.)			
		MW	$\pm s$	Min	Max
0/ ohne Ano.	98	25,54 ^{A,a}	1,84	20	31
Klasse I-III/ mit Ano.	454	23,80 ^B	2,41	16	30
davon Klasse I	185	24,43 ^b	2,49	18	30
davon Klasse II	65	23,28 ^c	2,64	16	28
davon Klasse III	204	23,41 ^c	2,15	17	28
Gesamt	552	24,11	2,41	16	31

^{A,B,a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.8.3 Anzahl der Schwanzwirbel bei extrem kurzen bzw. langen Schwänzen

Die Korrelation der WZ zur SL beträgt $r_p = 0,557$ ($p \leq 0,001$). Die Korrelationen der WZ zu den Kennzahlen DM, KL und Gew des Ferkels befinden sich in einem Bereich von $r_p = 0,160 - 0,210$. Je nach SL unterscheiden sich die gemessenen Kennzahlen WZ, SL, DM, KL und Gew signifikant ($p \leq 0,001$) voneinander. Die WZ beträgt $22,87 \pm 2,38$ bei einer SL von höchstens 8,19 cm. Bei Schwänzen mit einer Länge zwischen 8,19- 9,18 cm haben die Ferkel $24,78 \pm 1,87$ Wirbel. Die Ferkel haben $25,79 \pm 1,85$ Wirbel bei einer SL von mindestens 9,19 cm (s. Tab. 59; vgl. Anlage 30).

Tab. 59: Schwanzwirbelanzahl und weitere Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge.

SL (cm)	MW						
	n	WZ (Stk.)	n	SL (cm)	DM (cm)	KL (cm)	Gew (kg)
< 8,19	247	22,87 ^a	1.725	7,46 ^a	0,71 ^a	25,28 ^a	1,13 ^a
8,19 < 9,19	203	24,78 ^b	2.517	8,63 ^b	0,79 ^b	27,49 ^b	1,47 ^b
≥ 9,19	102	25,79 ^c	2.186	9,74 ^c	0,84 ^c	29,06 ^c	1,71 ^c (n=2.184)
Gesamt	552	24,11	6.428	8,69	0,79	27,43	1,46 (n=6.426)

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

4.9 Ergebnisse für Ferkel der Kreuzungszucht

In einem weiteren Untersuchungsteil wurden Körpermerkmale von Kreuzungsferkeln gemessen, deren sechs Väter bereits zur Geburt im ersten Teil der Untersuchung unter der Bedingung der Reinzucht im Basiszuchtbetrieb vermessen wurden. Die SL dieser Ferkel beträgt im Mittel $8,64 \pm 0,93$ cm. Es wurden Werte in einem Bereich zwischen 5,00 cm und 11,70 cm erfasst. Der mittlere DM beträgt $0,77 \pm 0,23$ cm und die mittlere KL beträgt $27,63 \pm 2,28$ cm. Die Ferkel wiegen hier durchschnittliche $1,59 \pm 0,41$ kg (s. Tab. 60).

Tab. 60: Körpermerkmale der Ferkel nach Kreuzungszucht (n=822).

Körpermerkmal	MW	± s	Min	Max
SL (cm)	8,64	0,93	5,00	11,70
DM (cm)	0,77	0,23	0,50	1,00
KL (cm)	27,63	2,28	20,00	33,00
Gew (kg)	1,59	0,41	0,54	2,92

Den höchsten Zuchtwert der eingesetzten Eber für das Merkmal SL hat der Eber „87814“. Der Wert beträgt 129 bei einer eigenen SL von 8,5 cm zur Geburt. Seine Nachkommen zeigen im Mittel eine SL von $8,67 \pm 0,87$ cm. Diese ist damit signifikant ($p \leq 0,05$) länger als die SL der Ferkel vom zweit- bzw. drittplatzierten Eber. Die geringste mittlere SL ist bei den Ferkeln von Eber „64296“ mit $8,40 \pm 0,88$ cm ausgeprägt (s. Tab. 61). Die Werte für die Körpermerkmale DM, KL und Gew sind in der Anlage 32 aufgeführt.

Tab. 61: Zuchtwert für Schwanzlänge und Schwanzlänge der eingesetzten Eber zur Geburt vs. Schwanzlänge der Ferkel nach Kreuzungszucht in Abhängigkeit vom jeweiligen Eber (n=822).

Eber	RZW/ Rank	SL Vater (cm)	SL Ferkel (cm)				
			n	MW	± s	Min	Max
87814	129/ 1	8,5	170	8,67 ^b	0,87	5,50	10,60
64296	124/ 2	8,2	145	8,40 ^a	0,88	6,10	10,50
98864	122/ 3	7,8	141	8,45 ^a	0,82	6,00	10,40
28753	99/ 4	9,8	23	9,06 ^{b,c}	0,92	7,70	11,10
77999	97/ 5	9,7	206	8,54 ^{b,c}	0,97	5,00	11,70
78582	77/ 6	9,3	137	9,15 ^c	0,91	6,80	11,20

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Bei allen Ferkeln der sechs Eber zeigt es sich, dass 94,40% eine normale Schwanzform haben. Das sind 776 von 822 Ferkeln. Damit haben die übrigen 5,60% der Ferkel eine Schwanzanomalie. Die SL ist mit dem Auftreten einer Anomalie der Klasse I bzw. III signifikant ($p=0,003$ bzw. $p=0,002$) kürzer vs. normal geformte Schwänze (vgl. Anlage 33). Bei Eber „78582“ wurde zur Geburt eine Anomalie der Klasse III festgestellt. Er war der einzige betroffene der sechs Eber (vgl. Anlage 31). Bei seinen Nachkommen wurden 89,78% Normalschwänze vs. 10,22% Anomalien festgestellt (s. Tab. 62). Für die übrigen fünf Eber beträgt der Anteil an Ferkeln mit einem normal geformten Schwanz je 94,48 – 97,87% (vgl. Anlage 34 - Anlage 38).

Tab. 62: Verteilung der Schwanzform der Ferkel bei Eber „78582“ vs. andere Eber (n=822).

Schwanzform	Ferkel von Eber „78582“		Ferkel der anderen Eber	
	n	%	n	%
Klasse 0/ ohne Ano.	123	89,78	653	95,33
Klasse I	5	3,65	16	2,34
Klasse II	3	2,19	2	0,29
Klasse III	6	4,38	14	2,04
Gesamt	137	100,00	685	100,00

5 Diskussion

5.1 Ausprägung der Schwanzlänge neugeborener Ferkel

5.1.1 Schwanzlänge bei Piétrain-Ferkeln

Die Schwanzlänge der Piétrain- Ferkel in Reinzucht beträgt in der vorliegenden Untersuchung $8,69 \pm 0,99$ cm. Dieser Durchschnittswert, errechnet an 6.428 Ferkeln, deckt sich mit den Angaben von KLEIN (2016) und KUNZE et al. (2016-A), die $8,78 \pm 1,04$ cm bzw. $8,50 \pm 0,94$ cm ermittelt hatten. In den beiden genannten Untersuchungen wurde zudem festgestellt, dass die Schwänze bei Piétrain- Ferkeln vergleichsweise relativ lang sind. Auch die von AIKINS- WILSON et al. (2021) an über 9.300 Ferkeln erhobenen Werte in Höhe von $8,87 \pm 1,21$ cm für das Merkmal befinden sich annähernd auf demselben Niveau. Die Messmethodik ist in beiden Untersuchungen ähnlich, auch wenn die Werte bei AIKINS- WILSON et al. (2021) an verschiedenen Rassen erhoben worden sind. Verglichen mit weiteren Untersuchungen, bei welchen eine mittlere Schwanzlänge von 9,00-9,20 cm festgestellt wurde (WHITE, 2017; KLEIN et al., 2015; HERSKIN et al., 2015), scheinen die hier gemessenen Werte jedoch tendenziell eher kürzer zu sein. Auch bei weiteren Tierarten, wie dem Schaf (SHELTON, 1977), der Maus (BARNETT, 1965), dem Hund (HAWORTH et al., 2001) oder der Katze (BUCKINGHAM et al., 2013), bestehen Unterschiede in der Schwanzlänge zwischen einzelnen Rassen. Auf Ähnlichkeiten in der Ausprägung der Schwanzlänge mit anderen Tierarten, wie z.B. dem Schaf, wird dabei schon in der Literatur verwiesen (KUNZE et al., 2016-B). Die Schwanzlänge der Tiere kann sich jedoch in der späteren Entwicklung unterschiedlich stark weiter ausprägen, woraus wiederum rassespezifische Unterschiede entstehen können (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016).

Die gegebene Standardabweichung von 0,99 cm deckt sich mit denen aus anderen Untersuchungen. Sie weist darauf hin, dass die Variabilität zwischen den einzelnen Ferkeln relativ stark ist, was der Fall ist, weil das Merkmal bisher züchterisch kaum beeinflusst wurde. Es bieten sich daraus Ansatzpunkte zu einer Beeinflussung der phänotypischen Schwanzlänge. Die Werte in einem Bereich von sehr kurzen 4,10 cm bis zu sehr langen 12,50 cm stützen dies. Die gesamte Spannweite beträgt somit große 8,40 cm. In vielen weiteren Untersuchungen wurde eben jene Gesamtspannweite von ca. 8 cm festgestellt. Dabei liegen die Längen zwischen 3,40 – 11,50 cm (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2016-A; KLEIN et al., 2015) bzw. 5,00 – 13,00 cm (WHITE, 2017; LECHNER, 2016). AIKINS- WILSON et al. (2021) ermittelten sogar eine maximale Schwanzlänge von 16,80 cm innerhalb des ersten Lebensstages der Ferkel. Auch hier lassen sich

Ähnlichkeiten in der großen Variabilität, z.B. zur Tierart Hund (HYTÖNEN et al., 2009), feststellen. Die Verteilung der Werte zeigt, dass ca. 87% der breiten Masse aller Ferkel sich auf einem Niveau zwischen 7,0 – 9,9 cm befinden. Etwa 40% der Ferkel besitzen eine Schwanzlänge von mind. 9,0 cm. Dagegen haben nur ca. 20% eine Schwanzlänge von unter 8,0 cm und nur ca. 4% (=270 Ferkel) von unter 7,0 cm. Die Schwanzlänge tendiert daher mehr zu den höheren Werten. Dies erschwert bzw. begrenzt die Auswahl geeigneter Zuchttiere, insb. zum Zwecke einer Verringerung der Schwanzlänge. Unter Beachtung von einerseits der Schwanzform bei einer möglicherweise auftretenden Anomalie, welche aus ethischen Gesichtspunkten nicht anzustreben ist, sowie andererseits der wichtigen späteren körperlichen Entwicklung der Einzeltiere, verringert sich der zuchttaugliche Tierbestand für eine Verkürzung der Schwanzlänge weiter. Beim Schaf wurde eine Zucht auf „genetisch kupierte“ Tiere angestrebt und ist gescheitert (SCOBIE und O’CONNELL, 2002). In Anbetracht der Bekämpfung des Problems des Fliegenbefalls beim Schaf (SCOBIE und O’CONNELL, 2002) wird bezweifelt, dass verkürzte Schwänze dort tatsächlich zur Vermeidung des Schwanzkupierens taugen können (SHELTON, 1977). Die Zucht auf Kurzschwänze scheint daher nicht die alleinige Lösung zu sein (SCOBIE und O’CONNELL, 2002). Beim Schwein liegt jedoch eine andere Situation vor. Vorrangig soll nicht gegen Fliegenbefall vorgegangen werden, sondern das Problem Schwanzbeißen gehandhabt werden. Nach KLEIN (2016) haben 1,19% der Ferkel eine Schwanzlänge von max. 5,6 cm. Aktuell wurde in nur 0,59% der Fälle eine Länge von max. 5,9 cm festgestellt. Bei Schafen wurde vergleichend dazu in 0,4% ein verkürzter und in 0,1% sogar ein vollständig fehlender Schwanz beobachtet (DENNIS, 1972). Auch bei der Maus (FUJIMOTO et al., 1995; FUJIMOTO et al., 1994), beim Hund (HYTÖNEN et al., 2009), der Katze (BMEL, 2005) oder dem Rind (HUSTON und WEARDEN, 1958) konnten Beobachtungen zur Kurzschwänzigkeit angestellt werden. In der aktuellen Untersuchung wurden insgesamt fünf Ferkel beobachtet, deren Schwanz kürzer als 5 cm war. Drei dieser Tiere hatten dabei gleichzeitig eine Schwanzanomalie (Stufe II) und von den beiden anderen Tieren, die eine normale Schwanzform hatten, lebte nur eins (Gewicht: 1,26 kg; Körperlänge 23,5 cm; s. Abb. 19). Ferkel mit extrem kurzem Schwanz und mit normaler Schwanzform bei normaler bis guter sonstiger körperlicher Konstitution und einer guten Entwicklungsperspektive sind demnach äußerst selten.

Männliche Ferkel haben im Vergleich zu den weiblichen signifikant ($p=0,022$) kürzere Schwänze. Die Schwanzlänge männlicher Ferkel beträgt $8,66 \pm 0,98$ cm, während die der weiblichen $8,72 \pm 0,99$ cm beträgt. Ein Unterschied von 0,06 cm erscheint dabei aus praktischer Sicht heraus wenig Relevanz zu besitzen. Die Spannweite der Werte weiblicher Ferkel ist mit

7,80 cm leicht geringer, als die der männlichen mit 8,40 cm, welche zugleich der gesamten Spannweite von allen Tieren entspricht. Ursache dafür sind die niedrigeren Minimalwerte auf Seiten der männlichen Ferkel, bei gleicher maximaler Schwanzlänge zwischen den beiden Geschlechtern. In Untersuchungen von KLEIN (2016) wurde dagegen kein signifikanter Geschlechterunterschied für die Schwanzlänge gefunden. Andere Autoren berichten wiederum davon, dass männliche Ferkel signifikant längere Schwänze besitzen und auch die weitere Entwicklung der Schwanzlänge zwischen den Geschlechtern signifikant unterschiedlich ist (OLUWOLE und OMITOGUN, 2016). Bei der Tierart Schaf sind ebenfalls die Schwänze männlicher Lämmer signifikant länger, als die der weiblichen (HAVERKAMP et al., 2015). Die bisherigen Erkenntnisse sprechen somit gegen die Beobachtungen in dieser Untersuchung, wonach männliche Ferkel vergleichsweise kürzere Schwänze haben. Weshalb diese Abweichungen zustande kommen und die Schwanzlänge der männlichen Ferkel hier geringer ist, erschließt sich nicht, zumal die männlichen Ferkel schwerer sind und eine Beziehung zwischen Gewicht und Schwanzlänge bereits bekannt ist (KUNZE et al., 2016-A) und auch in der vorliegenden Untersuchung beobachtet wird.

Die Schwanzlänge der Ferkel unterscheidet sich signifikant ($p \leq 0,001$) in Abhängigkeit von der Wurfgröße. Dies deckt sich mit den Angaben von KUNZE et al. (2016-A). Je mehr igF dabei im Herkunftswurf des Ferkels sind, desto kürzer ist seine Schwanzlänge. Simultan dazu verhält es sich auch in Abhängigkeit von der Anzahl IgF. Die Schwanzlänge sinkt von $8,82 \pm 0,98$ cm bei höchstens 10 igF auf $8,57 \pm 1,03$ cm bei mindestens 14 igF ab. Die jeweiligen Spannweiten liegen mit 7,70 – 8,20 cm auf einem sich ähnelnden Niveau. Auch die weiteren Parameter Gewicht (1,58 zu 1,36 kg), Körperlänge (28,08 zu 27,00 cm) und Schwanzdurchmesser (0,81 zu 0,77 cm) verhalten sich derartig und werden mit steigender Anzahl igF signifikant ($p \leq 0,001$) kleiner, sodass eine gegenseitige Beeinflussung in Betracht zu ziehen ist. Der hohe Zusammenhang zwischen den Kennzahlen spiegelt sich hier also wider. KUNZE et al. (2016-A) kamen ebenfalls zu dieser Erkenntnis, dass mit einer steigenden Wurfgröße das Gewicht der Einzelferkel und darüber indirekt auch die Schwanzlänge der Ferkel kleiner werden. In Abhängigkeit vom Gewicht des Ferkels sinkt z.B. seine Schwanzlänge signifikant ($p \leq 0,001$). Diese Aussage bestätigt ebenfalls die Erkenntnisse von KUNZE et al. (2016-A). Sehr leichte Ferkel (<1,28kg) haben dabei mit 7,85 cm auch die deutlich kürzeren Schwänze gegenüber mittel schweren Ferkeln (1,28- 1,64kg) mit einer Schwanzlänge von 8,76 cm. Die Schwanzlänge sehr schwerer Ferkel ($\geq 1,64$ kg) wiederum ist mit mittleren 9,38 cm gleichzeitig sehr lang.

5.1.2 Ausprägung der Variabilität innerhalb eines Wurfes

In der vorliegenden Untersuchung weichen die Ferkel innerhalb eines Wurfes in ihrer Schwanzlänge um mittlere $0,61 \pm 0,49$ cm vom Mittelwert aller Ferkel ihres Wurfes ab. Die größte Abweichung eines Ferkels beträgt dabei 4,54 cm, wobei der Schwanz kürzer ist als der Wurfdurchschnitt. Dagegen sind die Schwänze maximal 2,99 cm länger im Vergleich zum Wurfdurchschnitt. Außerdem haben jeweils ca. 9% der Tiere einen über 1,00 cm kürzeren bzw. längeren Schwanz als der Durchschnitt des Herkunftswurfes. Die Werte zeigen, dass bereits innerhalb eines Wurfes, also zwischen Vollgeschwistern, beachtliche Differenzen auftreten können. Vor allem der Mittelwert 0,61 cm und die vergleichsweise hohe Standardabweichung von 0,49 cm der durchschnittlichen Abweichung sowie große mögliche individuelle Abweichungen von mehr als 1,00 cm untermauern dies. Bei Merkmalen, die in der Vergangenheit wenig züchterische Beachtung erfahren haben, ist eine derartige Variabilität nicht ungewöhnlich. Ein Potenzial zur züchterischen Veränderung des Phänotyps dürfte dadurch gegeben sein. Auch KUNZE et al. (2015-A) berichteten von Abweichungen innerhalb eines Wurfes, wobei sowohl heterogene, als auch homogene Würfe hinsichtlich der Ausprägung der Schwanzlänge auftraten. Die ca. 82% der Ferkel in der vorliegenden Untersuchung, die im Vergleich zu ihrem Herkunftswurf um weniger als 1,00 cm in der Schwanzlänge abweichen, drücken ebenso auch ein Maß an Homogenität aus.

Ein weiterer Anhaltspunkt zur Beurteilung der Variabilität innerhalb eines Wurfes ist die Spannweite der Schwanzlänge in einem Wurf. Sie drückt die Differenz zwischen dem Ferkel mit dem kürzesten und dem Ferkel mit dem längsten Schwanz eines Wurfes aus. Der Mittelwert dieser Kennzahl beträgt $2,51 \pm 0,86$ cm. Die Werte sind dabei leicht höher als die von KUNZE et al. (2015-A) angegebenen 2,20 - 2,40 cm, befinden sich jedoch auf etwa einem Niveau mit diesen. Die Spannweiten aus den vorliegenden 581 Würfen können zwischen 0,00 – 6,60 cm im Extremfall schwanken. Diese Werte übersteigen die mögliche 1,20 – 5,20 cm, die in der Literatur angegeben werden (KUNZE et al. 2015-A), allerdings kann der Kern der Aussage bestätigt werden. Es treten sowohl homogene als auch heterogene Würfe hinsichtlich der Schwanzlänge der Ferkel auf. Nur in ca. 1% aller Würfe werden Spannweiten von unter 1,00 cm beobachtet. Etwa 26 % der Würfe weisen eine Spannweite zwischen 1,00 – 1,99 cm auf. In beiden Fällen ist von einer sehr hohen Homogenität auszugehen, was einen Gesamtanteil von ca. 27% bedeutet. Reichlich 45% der Würfe werden durch eine Differenz von 2,00 – 2,99 cm zwischen kurz- und langschwänzigstem Ferkel charakterisiert. Dabei ist auch noch von einer Homogenität zu sprechen. In der Addition zeigen also ungefähr 72% der Würfe eine, teilweise

hohe, Homogenität hinsichtlich der Schwanzlänge der Ferkel des Wurfes. Weitere ca. 22% haben eine Spannweite von 3,00 – 3,99 cm, welche damit tendenziell eher heterogener Art sind. Etwa 5,5% der Würfe sind sehr heterogen mit Spannweiten von mind. 4,00 cm, wobei wiederum ca. 1% bzw. 5 Würfe eine sehr große Spannweite von mind. 5,00 cm aufweisen.

In Abhängigkeit von der Wurfnummer der Sau, je nachdem ob es sich um den ersten Wurf oder einem späteren handelt, unterscheidet sich die Spannweite der Schwanzlänge der Ferkel nicht signifikant. Bei einem Erstwurf beträgt die Spannweite im Wurf $2,54 \pm 0,81$ cm. Handelt es sich um einen mind. zweiten Wurf, so beträgt der Wert $2,49 \pm 0,91$ cm. Allerdings liegt die Streuung der Werte nach einem ersten Wurf bei 0,70 – 5,20 cm, während sie bei höherer Wurfnummer zwischen 0,00 – 6,60 cm liegt und somit von einer größeren Gesamtvariabilität zeugt. In Abhängigkeit von der Wurfgröße unterscheidet sich die Spannweite der Schwanzlänge der Ferkel signifikant ($p \leq 0,001$) voneinander. Mit steigender Anzahl der igF nimmt dabei die Spannweite innerhalb des Wurfes zu. Das ist ebenso zu erwarten gewesen, da mit einer zunehmenden Anzahl an Tieren auch die Wahrscheinlichkeit zunimmt, dass zum einen die Werte mehr voneinander variieren und damit zum anderen auch die Werte eher hin zu einem Extrem tendieren. Mit bis zu 10 igF im Wurf beträgt die Spannweite $2,21 \pm 0,87$ cm. Sind 11 – 13 igF vorhanden, beträgt die Spannweite $2,57 \pm 0,75$ cm und mit mind. 14 igF liegen Unterschiede von mittleren $2,95 \pm 0,85$ cm zwischen kürzester und längster Schwanzlänge im Wurf vor. Überraschend fällt aber auf, dass die mit 6,60 cm größten Spannweiten insg. nicht etwa bei den meisten igF auftreten, sondern bei bis zu 10 igF vorhanden sind. Auf der einen Seite liegt mit einem Mittel aller Würfe von nur $2,21 \pm 0,87$ cm ein hoher Grad an Homogenität vor, auf der anderen Seite streuen die Gesamtspannweiten innerhalb dieser Würfe im Bereich von 0,00 – 6,60 cm, was dagegen eher auf eine mögliche Heterogenität schließen lässt. Trotz der in der Regel eher geringen Spannweite im Wurf bei relativ wenigen igF sind hier also auch sehr hohe Unterschiede in der Spannweite möglich.

Es kann zudem beobachtet werden, dass mit einem zunehmenden Niveau der Schwanzlänge innerhalb eines Wurfes die Spannweite im Wurf niedriger wird. Zwischen Würfen mit einer mittleren Schwanzlänge von max. 8,42 cm und solchen mit einer durchschnittlichen Schwanzlänge von mind. 9,04 cm ist die Spannweite im Wurf signifikant ($p=0,003$) um 0,25 cm geringer. Sie beträgt durchschnittlich $2,62 \pm 0,76$ cm bei geringem Längenniveau und nur $2,37 \pm 0,90$ cm bei hohem Längenniveau. Diese Tatsache könnte ein Indiz dafür sein, dass die Werte ins kürzere Extrem mehr „ausreißen“, als dies ins längere Extrem der Fall ist. Tatsächlich offenbart sich im Vergleich zwischen Würfen, die im Längenniveau eine Standardabweichung

vom Durchschnitt kürzer (max. 8,12 cm) bzw. länger (mind. 9,35 cm) sind, eine unterschiedliche Häufigkeit des Auftretens verschiedener Spannweiten. In langschwänzigen Würfen besitzen ca. 45% eine sehr hohe Homogenität von max. 2,00 cm Differenz, wovon wiederum ca. 4% eine Spannweite von höchstens 1,00 cm im Wurf zeigen. Verglichen damit zeigt sich bei kurzschwänzigen Würfen ein anderes Bild. Etwa 20% besitzen hier eine sehr hohe Homogenität der Schwanzlängen von maximal 2,00 cm Unterschied. Dabei sind hier nur 1% der Würfe innerhalb eines Bereiches von 1,00 cm. Im Umkehrschluss fällt auf, dass die Schwanzlängen der Ferkel in ca. 30% der kurzschwänzigen Würfe um mind. 3,00 cm schwanken, während dies in den langschwänzigen nur ca. 14% machen und es damit anteilig nur halb so viele sind. Das Verhältnis verschiebt sich bei sehr hoher Heterogenität von mind. 4,00 cm dann noch mehr von ungefähr 2:1 auf etwa 4:1 in Richtung der kurzschwänzigen Würfe bei einem Anteil von ca. 8% vs. 2%.

5.1.3 Ausprägung der Variabilität zwischen den Würfen

Die mittlere Schwanzlänge von Ferkeln je Wurf beträgt in der vorliegenden Untersuchung $8,73 \pm 0,62$ cm. Dabei werden Unterschiede von bis zu 3,20 cm zwischen den Würfen beobachtet. So gibt es Würfe, die im Mittel aller dazugehörigen Ferkel eine Schwanzlänge von geringen 7,33 cm aufweisen. Demgegenüber stehen solche Würfe, die im Schnitt 10,53 cm Schwanzlänge haben. KUNZE et al. (2015-A) berichteten von 2,00 – 2,70 cm Unterschied zwischen den Mittelwerten aller Ferkel in den einzelnen Würfen. In der vorliegenden Untersuchung werden diese Angaben damit noch überboten. Die Gesamtvariabilität ist in der Folge hier, wenn auch nur geringfügig, zwischen den Würfen größer. Ein Unterschied von bis zu 2,70 cm, wie er in der Literatur beschrieben wird, tritt gegenwärtig jedoch ebenfalls in etwa 97% aller Würfe auf. In etwa 12% beträgt das Längenniveau des Wurfes weniger als 8,00 cm. Der gesamte Wurf gilt damit im Mittel als kurzschwänzig, was aus züchterischem Interesse positiv herauszustellen ist, denn die Ferkel eines gesamten Wurfes, nicht nur als Einzeltier, sollten sich möglichst auf einem kurzschwänzigen Niveau befinden. In der Folge eines Erstwurfes der Mutter ist dieses Niveau je Wurf mit $8,63 \pm 0,60$ cm signifikant ($p \leq 0,001$) geringer als bei einer höheren Wurfnummer mit $8,82 \pm 0,62$ cm. Der Unterschied beträgt 0,19 cm. Auf einen derartigen Effekt der zunehmenden Schwanzlänge der Ferkel zur Geburt mit steigender Wurfnummer der Mutter wurde in der Literatur bereits verwiesen (KUNZE und WÄHNER, 2017; KUNZE et al., 2016-A). Die Ursache dafür kann sein, dass vor allem größere Gewichte und Körperlängen der Ferkel, welche indirekt deren Schwanzlänge erhöhen (KUNZE et al., 2016-A), mit einer höheren Wurfnummer der Sau einhergehen. Es werden mit einer

höheren Wurfnummer auch mehr igF im Wurf gezählt, die ihrerseits jedoch wiederum geringere Gewichte und Körperlängen bedingen. Allerdings wiegt die Steigerung von Gewicht (1,39 vs. 1,52 kg) und Körperlänge (27,10 vs. 27,71 cm) der Ferkel im Vergleich mehr, als der Anstieg der Anzahl igF (11,05 vs. 11,24 Stück) zwischen einem Erstwurf und einem späteren Wurf, wodurch höhere mittlere Schwanzlängen je Wurf zu verzeichnen sind. In Abhängigkeit von der Wurfgröße sinkt das Längenniveau im Wurf nämlich signifikant ($p \leq 0,001$) ab. Sind es bei max. 10 igF noch $8,86 \pm 0,65$ cm, beträgt die durchschnittliche Schwanzlänge je Wurf mit mind. 14 Ferkeln nur $8,59 \pm 0,59$ cm. Die auftretenden Bereiche sind mit Durchschnittswerten von ca. 7,30-10,50 cm relativ gleich.

Damit kann geschlussfolgert werden, dass neben der Variabilität innerhalb der Würfe auch zwischen den Würfen Unterschiede festzustellen sind. Ziel könnte es nun anhand dieser Daten sein, die Schwanzlängen der Ferkel flächendeckend, d.h. als Wurf bzw. sogar als Gesamtpopulation, möglichst homogen auf ein niedriges Niveau zu züchten, um die gegenwärtigen Konfliktpotenziale zukünftig ohne postnatale, manipulative Arbeitsgänge bewältigen zu können.

5.2 Ausprägung weiterer Kennzahlen neugeborener Ferkel

5.2.1 Ausprägung des Durchmessers des Schwanzes

Der Durchmesser des Schwanzes beträgt in dieser Untersuchung mittlere $0,79 \pm 0,09$ cm. In weiteren Untersuchungen wurden Werte von $0,92 \pm 0,13$ cm (KUNZE et al., 2016-A) bzw. $0,86 \pm 0,13$ cm (KUNZE, 2015) erhoben, womit die Schwänze dort ca. 0,1 cm dicker waren. Das britische Landwirtschafts- und Umweltministerium berichtete in einem Forschungsbericht von einem Schwanzdurchmesser von lediglich $0,70 \pm 0,15$ cm, wonach jede mögliche Kombination aus Schwanzlänge und -dicke vorstellbar sei (DEFRA, 2002). Insgesamt treten Werte zwischen 0,40 cm und 1,20 cm auf. Die Spannweite beträgt damit sehr große 0,8 cm. Der Minimalwert 0,40 cm wurde in den anderen Untersuchungen bestätigt, wobei dort wiederum Maximalwerte von 1,40 cm bzw. 1,10 cm ermittelt wurden (KUNZE et al., 2016-A; DEFRA, 2002). Es zeigte sich, dass ca. 50% der Ferkel einen Durchmesser des Schwanzes von 0,80 cm hatten. In ca. 30% der Fälle war der Durchmesser niedriger und in ca. 20% der Fälle größer.

Der Schwanzdurchmesser ist zwischen den Geschlechtern zwar kaum, aber dennoch signifikant ($p \leq 0,001$) unterschiedlich. Er beträgt $0,79 \pm 0,09$ cm bei männlichen und $0,78 \pm 0,10$ cm bei weiblichen Ferkeln. Die Spannweite beträgt jeweils 0,80 cm und reicht von 0,40 – 1,20 cm.

Bei Ferkeln, die eine sehr kurze Schwanzlänge von maximal 7,70 cm haben, beträgt der mittlere Durchmesser des Schwanzes $0,68 \pm 0,09$ cm. Er ist damit unter den Bedingungen der Kurzschwanzigkeit durchschnittlich 0,11 cm dünner, als im Mittel aller Ferkel, woraus sich ein Zusammenhang zwischen Schwanzlänge und -durchmesser ableiten lässt. Die Spannweite beträgt 0,60 cm und ist damit im Vergleich zu allen Ferkeln 0,20 cm geringer, was darauf beruht, dass der Maximalwert nun nur 1,00 cm statt 1,20 cm beträgt. Die größeren Durchmesser sind demnach bei eher längeren Schwänzen anzutreffen.

5.2.2 Ausprägung der Körperlänge

In dieser Untersuchung beträgt die Körperlänge der Ferkel $27,43 \pm 2,40$ cm und schwankt um 19,00 cm zwischen 16,50 - 35,50 cm. Auch dieses Körpermerkmal lässt damit den Schluss auf eine hohe Variabilität zu. KLEIN (2016), KUNZE (2015) sowie ASDELL und WILLMAN (1941) ermittelten mit 28 – 30 cm geringfügig höhere Werte, wobei es sich einzig bei ASDELL und WILLMAN (1941) um Tiere in Reinzucht handelte. HALES et al. (2013) stellten an Kreuzungstieren geringere Werte von ca. 24,5 cm fest. Die Körperlänge, welche als solche, aber vor allem auch in Verbindung mit dem Gewicht der Ferkel, als Indiz für die Überlebensfähigkeit herangezogen wird (HALES et al., 2013), unterliegt großen Schwankungen im Allgemeinen (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2016-A) sowie auch im Wurf (KLEIN, 2016). KUNZE et al. (2016) stellten mit einer Spannweite von 22,00 cm zwischen 16,50 – 38,50 cm ähnliche Werte fest, wie in der vorliegenden Untersuchung. Die Tiere waren dort jedoch im Durchschnitt etwas älter. PASTORELLI et al. (2009) führten Analysen bei Ferkeln durch, die von einer unterschiedlichen Wurfnummer der Sau stammten und bei welchen die Sauen unterschiedlich gefüttert wurden. Die Körperlänge, wenngleich ab Schnauze und nicht ab dem Punkt des Schädels zwischen den Ohren gemessen, unterschied sich dabei jedoch nicht signifikant voneinander. Dagegen scheint es aber signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Rassen zu geben (KUNZE, 2015; MOLAPO et al., 2007). Etwa 37% der Ferkel haben einen Körper, der kürzer als 27,0 cm ist, wobei wiederum 15% sogar kürzer als 25,0 cm sind. In 46% der Fälle ist der Körper länger als 28,0 cm und in ca. 16% länger als 30 cm.

Generell sind die Körper der männlichen Ferkel mit $27,55 \pm 2,39$ cm signifikant ($p \leq 0,001$) länger, als die der weiblichen Ferkel mit $27,30 \pm 2,40$ cm. Der Minimalwert bei 3.300 männlichen Ferkeln beträgt 16,50 cm, während er bei 3.128 weiblichen Ferkeln 19,50 cm beträgt und damit 3,00 cm größer ist. Die Maximalwerte ähneln sich mit 35,50 bzw. 34,50 cm.

Bei Ferkeln mit einer Schwanzlänge von höchstens 7,70 cm beträgt die Körperlänge der Ferkel $24,52 \pm 2,08$ cm. Sie ist damit ca. 3 cm kürzer, als die aller Ferkel. Die Extremwerte sind dabei nun mit 19,50 cm etwas höher bzw. 32,00 cm etwas geringer. Bei Kurzschwänzigkeit haben die Ferkel demnach nicht nur dünnere Schwänze, sondern auch eine kürzere Gesamtlänge des Körpers.

5.2.3 Ausprägung des Gewichts

Das Gewicht der Ferkel beträgt in dieser Untersuchung mittlere $1,46 \pm 0,36$ kg. Damit befindet sich der Wert auf dem Niveau anderer Untersuchungen (AIKINS- WILSON et al., 2021; SCHOLZ, 2016; BRANDT, 2013; STALLJOHANN und PATZELT, 2011; HEINZE und RAU, 2007). Andere Autoren berichteten tendenziell von größeren Gewichten im Bereich von 1,65 kg (PASTORELLI et al., 2009; ŠKORJANC et al., 2007), darunter auch KLEIN (2016) und KUNZE et al. (2016-A), welche vergleichbare Studien, jedoch an leicht älteren Kreuzungsferkeln, durchführten. Die Werte schwanken in der vorliegenden Untersuchung um ca. 2,10 kg zwischen 0,51-2,60 kg, was sich mit Angaben von MEYER (2014) und BRANDT (2013) deckt. Ab 0,80 kg beginnt die Aufzuchtbarkeit der Ferkel (HÖRÜGEL, 2004). Für diese Untersuchung wurden jedoch alle Ferkel einbezogen, die mindestens 0,50 kg wogen. 11,22% der verbleibenden Ferkel wiegen unter 1,00 kg, was mit Angaben von HEINZE und RAU (2007) übereinstimmt. Leichtere Ferkel sind dabei einem signifikant ($p \leq 0,001$) erhöhten Risiko ausgesetzt, kurz nach der Geburt zu sterben (HALES et al., 2013). Tote Ferkel wiegen 1,31 kg und sind damit 0,16 kg und signifikant ($p \leq 0,001$) leichter als lebende mit 1,47 kg. Etwa 1.500 bzw. 23% der Ferkel wiegen zwischen 1,40 kg und 1,59 kg. Ungefähr 40% sind leichter, ca. 36% sind schwerer.

Kurzschwänzige Ferkel mit einer Schwanzlänge unter 7,70 cm wiegen mittlere $1,01 \pm 0,30$ kg. Sie sind im Vergleich zum Gewicht aller untersuchten Ferkel damit durchschnittlich 0,45 kg leichter. Bei gleichem Minimalgewicht von 0,51 kg werden nun Maximalgewichte von nur 2,14 kg beobachtet. Damit sind die maximal auftretenden Gewichte vergleichsweise ebenfalls geringer. Neben einem kürzeren Körper und einem dünneren Schwanz sind damit auch geringere Geburtsgewichte bei kurzschwänzigen Ferkeln zu erwarten.

5.3 Einflüsse auf die Schwanzlänge neugeborener Ferkel

5.3.1 Einfluss der Wurfnummer

In der vorliegenden Untersuchung ist der Einfluss der Wurfnummer auf die Schwanzlänge der Ferkel tendenziell gegeben, jedoch nicht signifikant ($p=0,0879$). Bei Jungsauen haben die

Ferkel eine Schwanzlänge (LSM \pm SE) von $8,34 \pm 0,02$ cm, während die von älteren Sauen $8,38 \pm 0,03$ cm lange Schwänze haben. In vorhergehenden Untersuchungen wurden Abhängigkeiten der Schwanzlänge von der Wurfnummer der Mutter festgestellt (KUNZE und WÄHNER, 2017). Der Effekt war dort jedoch stärker ausgeprägt. Es liegt nahe, dass ein Einfluss der Wurfnummer auf die Schwanzlänge der Ferkel vor allem indirekt, also über die Wurfgröße und das Gewicht des Ferkels, besteht.

5.3.2 Einfluss des Messzeitpunktes

Der Messzeitpunkt hat in dieser Untersuchung einen signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) auf die Schwanzlänge von Ferkeln. Auch KUNZE et al. (2016-A) bestätigten derartige Abhängigkeiten. So liegt das Minimum (MZP 5) bei $8,00 \pm 0,04$ cm (LSM \pm SE) und das Maximum (MZP 14) bei $8,93 \pm 0,05$ cm (LSM \pm SE). Die Ursache für diesen Unterschied von insgesamt 0,93 cm ist unbekannt. Evtl. spielt hier eine Rolle, dass die Helfer im Laufe der Messerhebungen gewechselt und sich dadurch leichte Unterschiede eingestellt haben. Zudem kann der Wert $8,93 \pm 0,05$ cm (LSM \pm SE) als zufälliger Extremwert angesehen werden. Die zweithöchste mittlere Schwanzlänge lag bei $8,77 \pm 0,05$ cm (LSM \pm SE; MZP 12) und damit knapp 0,2 cm niedriger. Die Wurfnummer und die -größe beeinflussen das Gewicht und darüber indirekt u.a. die Schwanzlänge. Das geht sowohl aus vorhergehenden (KUNZE et al., 2016-A), wie auch aus der aktuellen Untersuchung hervor. In Abhängigkeit von der Wurfsituation können somit also ebenfalls Unterschiede erklärt werden. Die Werte offenbaren jedoch trotz allem, dass es wichtig ist, zu wissen, dass sich die Messergebnisse je nachdem unterscheiden können, wann die Messung stattfindet.

5.3.3 Einfluss von Anomalien des Schwanzes

Das Auftreten einer Anomalie hat in dieser Erhebung ebenso einen signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) auf die Ausprägung der Schwanzlänge. Ferkel mit einem normalen Schwanz zeigen eine Schwanzlänge von $8,73 \pm 0,01$ cm (LSM \pm SE). Tritt eine Anomalie auf, ist der Schwanz deutlich verkürzt. Er ist dann nur noch $7,99 \pm 0,04$ cm lang (LSM \pm SE). Die Differenz beträgt hier 0,74 cm. In der Literatur wird eine derartige Abhängigkeit bereits bestätigt (KUNZE et al., 2016-A). Eine Ursache dafür könnte sein, dass die Anzahl der Schwanzwirbel mit dem Auftreten einer Anomalie signifikant ($p < 0,001$), um beinahe zwei Wirbel, reduziert ist. Besonders das Minimum an Wirbeln je Schwanz kann bei einer Anomalie mit 16 vs. 20 Wirbeln niedriger ausfallen. Erkenntnisse aus der Literatur (z.B. KUNZE und WÄHNER, 2017) sowie auch der gegenwärtigen Untersuchung zeigen, dass mit einer zunehmenden Schwere einer Anomalie

die Schwanzlänge kürzer wird, ohne dass sich dabei das Gewicht wesentlich voneinander unterscheidet. Auch die Anzahl der Schwanzwirbel nimmt dabei ab. Es liegt hier also in der Summe offensichtlich eine Beziehung der Schwanzlänge mit der Schwanzwirbelanzahl vor. Darüber hinaus ist bekannt, dass beim Schaf die Größe und die Anzahl der einzelnen Schwanzwirbel wesentlich die Schwanzlänge bestimmen, wenngleich die Schwanzlänge kein exakter Anzeiger der Wirbelanzahl ist (ALDERSON, 2016). Auch z.B. bei Mäusen (BARNETT, 1965) oder Hunden (OBSCHERNICAT, 2013) wird ein Einfluss der Anzahl der Schwanzwirbel auf die Schwanzlänge vermutet, was diese These fürs Schwein ebenso stützt. Auch eine, zumindest teilweise, Verschmelzung von Wirbeln könnte dazu führen, dass ein Schwanz kürzer ist.

5.4 Einflüsse auf weitere Körpermerkmale neugeborener Ferkel

Die Wurfnummer der Sau sowie der Messzeitpunkt sind hier die wesentlichen Faktoren, die die Körpermerkmale beeinflussen und so deren Ausprägung erklären. Der Einfluss der Wurfnummer der Mutter ist dabei zwar auf den Durchmesser des Schwanzes, das Gewicht ($p < 0,001$) und die Ausprägung einer Anomalie ($p = 0,002$) signifikant. Jedoch ist dies, wie auch bei PASTORELLI et al. (2009), nicht für die Körperlänge des Ferkels ($p = 0,3069$) der Fall. Dagegen ist der Einfluss des Messzeitpunkts stets signifikant ($p < 0,001$).

Der Durchmesser des Schwanzes unterscheidet sich je nach Wurfnummer der Sau um 0,01 cm zwischen $0,78 \pm 0,00$ cm und $0,79 \pm 0,00$ cm (LSM \pm SE). Dieser minimalen Differenz kommt keinerlei praktische Bedeutung zu, vor allem, da grundsätzlich jede Kombination aus Schwanzlänge und -dicke denkbar ist (DEFRA, 2002). Zwischen den einzelnen Messzeitpunkten unterscheiden sich die erhobenen Werte um ca. 0,1 cm zwischen 0,75 und 0,84 cm (LSM). Ohne die beiden Extremwerte (MZP 1 und MZP 15) zeigt sich eine, verglichen mit Literaturangaben (max. 1,0 cm nach KUNZE et al., 2016-A), geringe Schwankung von 0,77 – 0,81 cm.

Die Unterschiede je Messzeitpunkt für die Körperlänge der Ferkel betragen 1,10 cm von $26,77 \pm 0,11$ cm – $27,87 \pm 0,08$ cm (MZP 12 vs. 6; LSM \pm SE). Verglichen mit Angaben von KUNZE (2015) sind derartige Schwankungen normal.

Während das Gewicht sich je nach Wurfnummer der Sau im Mittel um 0,04 kg unterscheidet, liegt zwischen den Messzeitpunkten ein Unterschied von 0,12 kg vor. Die Werte schwanken dabei zwischen $1,38 \pm 0,01$ kg und $1,50 \pm 0,02$ kg (MZP 6 vs. MZP 13, LSM \pm SE). Es fällt besonders auf, dass bei vier aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten (MZP 12 – 15) die

Mittelwerte mit 1,46 – 1,50 kg je sehr hoch waren. Unter Umständen gab es in diesem Zeitraum Unterschiede in der Anpaarung der Sauen. Außerdem sind weibliche Ferkel mit $1,43 \pm 0,01$ kg (LSM \pm SE) signifikant ($p=0,027$) leichter, als männliche Artgenossen, welche $1,45 \pm 0,01$ kg (LSM \pm SE) wiegen. Umso beachtlicher ist die Tatsache, dass die männlichen Ferkel trotz des signifikant höheren Gewichts zur Geburt signifikant kürzere Schwänze besitzen, als weibliche Ferkel. ŠKORJANC et al. (2007) berichten dagegen davon, dass sich das Geburtsgewicht zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln nicht signifikant unterscheidet.

Als Ursache für Schwankungen der Merkmale zwischen den Messzeitpunkten können Messfehler, wie z.B. Unterschiede in der Art der Messung an sich oder beim Hilfspersonal für die Messung, aber etwa auch beim alle drei Wochen gänzlich unterschiedlichen zu messenden Tierbestand genannt werden. Dabei beeinflusst besonders das (Geburts-)Gewicht eines Ferkels andere Parameter, wie die Körperlänge oder die Schwanzlänge, mit. Gleichzeitig wird das Gewicht von der Wurfnummer oder der -größe mitbestimmt. Liegen dabei zwischen den Messzeitpunkten Unterschiede vor, so könnten daraus auch die Unterschiede der gemessenen Kennzahlen zwischen den Messzeitpunkten resultieren.

5.5 Heritabilitäten von Körpermerkmalen neugeborener Ferkel

Für das Merkmal Schwanzlänge wurde im multivariaten Tiermodell eine direkte Heritabilität im mittleren Bereich von $h_d^2=0,306 \pm 0,03$ ermittelt. Von der Tierart Schwein liegen vergleichbare Ergebnisse bislang nur von AIKINS- WILSON et al. (2021) vor. Diese ermittelten aber sogar einen höheren Wert von $h_d^2=0,42 \pm 0,03$ (AIKINS- WILSON et al., 2021). Weitere Aussagen über die Schwanzlänge von Tieren gibt es beispielsweise bei Mäusen und Schafen. Die Heritabilität bei der Maus liegt demnach bei $h^2=0,6$ und damit höher als beim Schwein (FUTUYMA, 1990). Ähnliches lässt sich auch für das Schaf bei $h^2=0,50-0,70$ (HAVERKAMP et al., 2015; SHELTON, 1977; BRANFORD OLTENACU und BOYLAN, 1974) feststellen. Dort scheint die Heritabilität der Schwanzlänge in langschwänzigen Rassen eher niedriger zu sein (ALDERSON, 2016; SHELTON, 1977), während sie in kurzschwänzigeren Rassen tendenziell höher ist (ALDERSON, 2016; SHELTON, 1977). Die Rede ist beim Schaf von einem moderat (JAMES, 2006) bis hochgradig (JAMES, 2006; SCOBIE und O'CONNELL, 2002) vererbten Merkmal. Aufgrund dessen erscheint dort ein zügiger Zuchtfortschritt vorstellbar zu sein (JAMES, 2006). Zusätzliche Bedeutung erhält dies dort, weil ein großer Zusammenhang zwischen der Schwanzlänge zur Geburt und zur 14. Lebenswoche besteht, also wahrscheinlich auf die spätere Schwanzlänge geschlossen werden kann (HAVERKAMP et al., 2015). Wenngleich der hier ermittelte Wert für

Schweine nicht so hoch ist, wie die beschriebenen beim Schaf, erscheint aber trotzdem ein rascher Zuchtfortschritt möglich. Dies wird auch durch die Forscher um AIKINS- WILSON et al. (2021) gestützt, die hier ein theoretisches Potenzial für kürzere Schwänze binnen einiger Generationen sehen und daraus die beste Lösung zur Vermeidung von Schwanzbeißen ableiten.

Die maternale Heritabilität beträgt im Gegensatz zur direkten nur $h_m^2=0,073 \pm 0,02$. Dieser geringe Effekt deckt sich somit mit dem von AIKINS- WILSON et al. (2021) in Höhe von $h_m^2=0,05 \pm 0,04$. Die Schwanzlänge wird damit genetisch nur nachrangig maternal bestimmt. Die Kreuzkorrelation zwischen direktem und maternalem genetischen Effekt ist negativ, aber verschwindend gering bei $r=-0,05 \pm 0,05$. In anderen Untersuchungen war sie mit $r=-0,35 \pm 0,13$ höher (AIKINS- WILSON et al., 2021). Ähnlich wie dort, liegen auch hier die Ursachen dafür im Dunkeln. Der relative Varianzanteil für die Wurfumwelt beträgt $c^2=0,103 \pm 0,01$ und ist damit höher als bei AIKINS- WILSON et al. (2021), aber dennoch ist die Wurfumwelt nur von untergeordneter Bedeutung. Für das Merkmal Schwanzlänge beim Schwein hat die direkte Heritabilität die größte Bedeutung.

Der Durchmesser des Schwanzes wird mit einem $h_d^2=0,122 \pm 0,02$ direkt vererbt. Hier ist die direkte Heritabilität damit im Vergleich zur Schwanzlänge niedriger. Die maternale Heritabilität ist mit $h_m^2=0,057 \pm 0,01$ sehr niedrig, was sich wiederum mit den Werten für die Schwanzlänge deckt. Die Korrelation zwischen der direkten additiv- genetischen Komponente und der maternal-genetischen- Komponente beträgt $r=0,23 \pm 0,07$ und ist damit zwar höher als im Falle der Schwanzlänge, allerdings noch immer sehr gering. Der relative Varianzanteil für die Wurfumwelt beträgt hier $c^2=0,086 \pm 0,01$ und ist damit, wie auch für die Schwanzlänge, unerheblich.

Die direkte Heritabilität der Körperlänge der Ferkel beträgt $h_d^2=0,177 \pm 0,04$. Damit wird der von FUTUYMA (1990) angegebene Wert in Höhe von $h^2=0,5$, also mit einer relativ hohen Erblichkeit, deutlich verfehlt und befindet sich hier auf einem niedrigeren Niveau. Der nun ermittelte Wert lässt damit den Schluss zu, dass andere Effekte also einen größeren Einfluss haben. Die direkte Heritabilität ist hier, wie auch beim Durchmesser des Schwanzes, der sie sehr ähnelt, ebenfalls kleiner als die der Schwanzlänge. Die maternale Heritabilität beträgt $h_m^2=0,095 \pm 0,03$, was auch hier eine negative und sehr geringe Korrelation zwischen direktem und maternalem genetischen Effekt von $r=-0,10 \pm 0,05$ hervorruft. Sowohl die geringe Dimension der maternalen Heritabilität als auch die ebenso geringe der Kreuzkorrelation deckt sich mit denen der Schwanzlänge und des -durchmessers. Für die Körperlänge der Ferkel

beträgt der relative Varianzanteil für die Wurfumwelt $c^2=0,113 \pm 0,01$ und ist ebenfalls von nachrangiger Bedeutung.

Für das Geburtsgewicht des Ferkels beträgt die direkte Heritabilität $h_d^2=0,043 \pm 0,03$. Dieser Wert ist sehr gering und bestätigt die Angaben in der Literatur (AIKINS- WILSON et al., 2021; KAUFMANN et al., 2000; RÖHE, 1999). Er ist zugleich der deutlich geringste unter den Werten der vier Körpermerkmale und deutet darauf hin, dass das Geburtsgewicht genetisch überwiegend nicht direkt bestimmt wird. Aus dem Anteil für die maternal- genetische Komponente mit $h_m^2=0,137 \pm 0,03$ geht vielmehr hervor, dass es genetisch überwiegend maternal determiniert ist. Es hat zugleich die höchste maternale Heritabilität unter den vier Merkmalen. Die Mutter spielt also hier eine wichtige Rolle bei der Vererbung des Geburtsgewichts. Auch dieser Wert für die maternale Heritabilität deckt sich grundsätzlich mit dem von AIKINS- WILSON et al. (2021) bei $h_m^2=0,10 \pm 0,03$ sowie den weiteren aus der Literatur (TÄUBERT et al., 2003; KAUFMANN et al., 2000; RÖHE, 1999). Zwischen den direkten und maternalen genetischen Effekten besteht bei $r=-0,00 \pm 0,03$ hier de facto keine Korrelation. Sie ist damit im Vergleich zu den anderen Körperparametern auf einem ähnlich geringen Niveau. Anders verhält es sich aber bei AIKINS- WILSON et al. (2021), die eine deutlich höhere Korrelation von $r=-0,49$ ermittelten. Der relative Varianzanteil der Wurfumwelt beträgt $c^2=0,160 \pm 0,01$ und ist damit für das Geburtsgewicht unter allen Kennzahlen am höchsten. Dies ist allerdings deutlich über dem Wert von $c^2=0,02$ von AIKINS- WILSON et al. (2021), wobei die Ursachen dafür unklar sind.

5.6 Korrelationen zwischen Kennzahlen neugeborener Ferkel

Die direkten genetischen Korrelationen innerhalb der vier direkten additiv- genetischen Komponenten Schwanzlänge, Schwanzdurchmesser, Körperlänge und Geburtsgewicht liegen im mittleren und positiven Bereich. Sie betragen, mit einer Ausnahme, zwischen $r_{gd}=0,40 - 0,60$ und sind damit als relativ hoch einzuschätzen. Dies wurde bereits im Vorfeld der Untersuchung erwartet, da schon die phänotypischen Korrelationen z.B. zwischen der Schwanzlänge und dem Geburtsgewicht oder der Körperlänge bekannt waren und diese ebenso hoch waren (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2016-B). Zwischen der Schwanzlänge und dem Geburtsgewicht beträgt die direkte genetische Korrelation dabei $r_{gd}=0,41 \pm 0,08$. Der Wert stimmt mit $r_{gd}=0,40 \pm 0,03$ der Untersuchung von AIKINS- WILSON et al. (2021) nahezu identisch überein. Damit wird auch bestätigt, dass schwerere Ferkel längere Schwänze haben. Dieser Zusammenhang wurde durch die Ausrichtung der Zucht auf höhere Geburtsgewichte

noch verstärkt (AIKINS- WILSON et al., 2021). Die hohen Geburtsgewichte haben jedoch bekanntlich für die praktische Schweinehaltung ihre Vorteile, nicht zuletzt aufgrund der gegebenen höheren Vitalität der Ferkel. Aus Sicht der Züchtung auf kürzere Schwanzlängen ist dies trotz der herausgestellten direkten Heritabilität der Schwanzlänge jedoch sehr kontraproduktiv zu bewerten und steht dem entgegen (AIKINS- WILSON et al., 2021). Eine Zucht auf kürzere Schwänze beim Schwein im Sinne der Vermeidung von vorhandenen Problemen, wie dem Schwanzbeißen, würde daher unweigerlich mit einer Verringerung des Geburtsgewichts einhergehen. Bei AIKINS- WILSON et al. (2021) zeigte sich aber auch, dass die direkten genetischen Korrelationen zwischen der Schwanzlänge und weiteren, später erhobenen Gewichten sowie der täglichen Zunahmeleistung nicht mehr auf dem Niveau sind, wie mit dem Geburtsgewicht, sondern mit Werten zwischen $r_{gd}=0,02 - 0,03$ deutlich geringer ausfallen und nahe Null sind, was aus haltungs- und züchtungspraktischer Sicht wiederum positiv zu bewerten ist.

Die direkte genetische Korrelation zwischen den Komponenten Schwanz- und Körperlänge beträgt $r_{gd}=0,42 \pm 0,08$. Sie ist damit fast identisch zu der zwischen Schwanzlänge und Gewicht. Damit ist auch dieser Wert im positiven, mittleren Bereich und relativ hoch. Bei einem längeren Körper ist damit auch der Schwanz des Ferkels länger, was zugleich die ermittelten phänotypischen Korrelationen zwischen beiden Parametern durch KUNZE et al. (2016-B) bestätigt.

Zwischen Schwanzlänge und -durchmesser der Ferkel liegt eine direkte genetische Korrelation von $r_{gd}=0,60 \pm 0,08$ vor. Diese hohe, positive Korrelation zeigt dabei, dass bei längeren Schwänzen auch ein dickerer Schwanzansatz beobachtet werden kann und dass ein genetischer Zusammenhang besteht. Zwischen diesen Kennzahlen wurde zudem bereits im Vorfeld eine phänotypische Korrelation von $r_p=0,554$ beschrieben (KUNZE et al., 2016-B).

Die direkte genetische Korrelation zwischen dem Geburtsgewicht und der Körperlänge beträgt $r_{gd}=0,87 \pm 0,04$ und ist damit sehr hoch und zudem positiv. Daraus lässt sich ableiten, dass genetisch mit einer Veranlagung für ein hohes Geburtsgewicht auch eine solche für die Körperlänge einhergeht. Die schwereren Ferkel haben dann zur Geburt auch längere Körper. Darüber wird dann wiederum die Schwanzlänge indirekt beeinflusst, wie die annähernd gleich großen Korrelationen beider Komponenten von etwa $r_{gd}=0,40$ zu dieser andeuten. Im phänotypischen Bereich lag mit $r_p=0,825$ bei KUNZE et al. (2016-B) bereits ebenfalls eine sehr hohe Korrelation vor, was die hier festgestellten Zusammenhänge unterstützt.

Die maternal- genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen sind sehr hoch. Sie liegen bei $r_{gm}=0,82 - 0,99$, orientieren sich jedoch eher an $r_{gm}=0,99$. Diese Werte erscheinen als zu hoch, was auf Probleme mit der Schätzbarkeit der Beziehungen mit dem vorhandenen Datenmaterial hindeuten kann. Diese These wird durch Literaturangaben verstärkt. AIKINS- WILSON et al. (2021) ermittelten in ihrer Untersuchung nämlich z.B. eine Korrelation zwischen den maternal- genetischen Komponenten der Schwanzlänge und des Geburtsgewichts von $r_{gm}=0,09 \pm 0,06$, während dieser Wert in der vorliegenden Untersuchung $r_{gm}=0,99 \pm 0,004$ beträgt und damit erheblich abweicht. Die Kreuzkorrelationen, also die Korrelationen zwischen den direkten additiv- genetischen Komponenten und den maternal- genetischen Komponenten sind überwiegend nahe Null. So liegt die Korrelation der maternal- genetischen Komponente der Schwanzlänge mit der direkten additiv- genetischen Komponente des Geburtsgewichts bei $r=0,05 \pm 0,05$. Sie deckt sich damit weitestgehend mit der von AIKINS- WILSON et al. (2021) publizierten in Höhe von $r=0,14 \pm 0,10$. Doch diese Forscher ermittelten zwischen der maternal- genetischen Komponente für das Geburtsgewicht und der direkten additiv- genetischen Komponente für die Schwanzlänge eine Kreuzkorrelation von $r=0,65 \pm 0,21$ (AIKINS- WILSON et al., 2021). Dieser Wert weicht mit $r=-0,08 \pm 0,04$ in der aktuellen Untersuchung deutlich davon ab und ist zudem auch noch negativ. Weshalb diese Diskrepanz zwischen den Untersuchungen vorliegt, bleibt unbekannt.

Neben den genetischen Korrelationen wurden auch weitere phänotypische Korrelationen berechnet. So korreliert die Schwanzwirbelanzahl phänotypisch mit der Schwanzlänge bei $r_p=0,557$ ($p \leq 0,001$). Je mehr Wirbel also der Schwanz hat, umso länger ist damit tendenziell auch der Schwanz eines Ferkels. Die Korrelationen der Schwanzwirbelanzahl zu den Kennzahlen Schwanzdurchmesser, Körperlänge und Gewicht des Ferkels befinden sich in einem Bereich von $r_p=0,160-0,210$ und sind damit je deutlich niedriger und ohne praktische Bedeutung.

Die durchschnittliche Schwanzlänge eines Wurfes korreliert sowohl mit der Länge des kürzesten als auch des längsten Schwanzes des Wurfes mit $r_p=0,771$ bzw. $r_p=0,798$. Daraus lässt sich folgern, dass bei einem unterschiedlichen Längenniveau des Wurfes beide Extremwerte im Wurf sich gleichgerichtet verschieben. Diese Erkenntnis ist deshalb wichtig, weil es für ein gewisses Maß an Homogenität spricht, welche scheinbar, unabhängig von den Schwanzlängen im Wurf, existiert. Wird die Schwanzlänge also eher kurz vererbt, trifft dies dann generell für einen, zumindest großen Teil, aller Ferkel eines Wurfes zu. An anderer Stelle (s. oben) wurde bereits festgestellt, dass ca. 82% aller Ferkel in ihrer Schwanzlänge eng

($\pm 1,00$ cm) bei dem Mittelwert des Wurfes liegen. Darüber hinaus liegt in ca. 72% aller Würfe eine teils hohe Homogenität vor. Gestützt werden kann diese Folgerung dadurch, dass die Korrelation zwischen Schwanzlänge des Wurfes und der Spannweite im Wurf bei $r_p=-0,170$ liegt. Zum einen ist diese Korrelation negativ. Mit steigendem Längenniveau wird die Spannweite im Wurf tendenziell also kleiner bzw. steigt der Grad an Homogenität etwas an und im Umkehrschluss sinkt die Variabilität im Wurf zwischen den Ferkeln. Dies bestätigt das bereits oben Festgestellte, wobei weniger Streuung jedoch eher für geringere Schwanzlängen wünschenswert wäre. Viel wichtiger ist aber zum anderen das niedrige Niveau der Korrelation. Eine Veränderung der Spannweite und damit des Grades an Homogenität im Wurf tritt mit einer sich ändernden mittleren Schwanzlänge des Wurfes also auf, aber nur in einem relativ geringen Ausmaß. Die Korrelation der Spannweite zur minimalen Schwanzlänge des Wurfes beträgt $r_p=-0,658$. Sie ist damit deutlich höher als der Wert zwischen der Spannweite und der maximalen Schwanzlänge des Wurfes mit $r_p=0,290$. Die Höhe der Spannweite wird daher deutlich wahrscheinlicher vom kürzesten als vom längsten Schwanz eines Wurfes bestimmt. Eine zunehmende Heterogenität im Wurf hat seine Ursache somit vorrangig in einem kleiner werdenden Minimum innerhalb des Wurfes, wie es oben bereits festgestellt worden ist.

5.7 Spätere Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge

5.7.1 Spätere Entwicklung von Gewicht, Speck- und Muskeldicke

In dieser Untersuchung korrelieren das Gewicht und die Schwanzlänge der Ferkel zur Geburt relativ stark miteinander ($r_{gd}=0,41 \pm 0,08$). Mit einem höheren Gewicht steigt die Schwanzlänge. Im Umkehrschluss ist bei einer größeren Schwanzlänge der Ferkel auch das Gewicht des Ferkels signifikant ($p \leq 0,05$) größer. So wiegen Ferkel mit sehr kurzen Schwänzen (<7 cm) $1,09 \pm 0,24$ kg, mit kurzen Schwänzen (7,0-7,9 cm) $1,26 \pm 0,25$ kg, während Ferkel mit mittel langen Schwänzen (8,0-8,9 cm) $1,48 \pm 0,25$ kg wiegen. Mit langen Schwänzen (9,0-9,9 cm) beträgt das Gewicht $1,69 \pm 0,24$ kg und mit sehr langen Schwänzen ($\geq 10,0$ cm) $1,89 \pm 0,25$ kg. Zum Zeitpunkt der Erfassung des Testgewichts, dies erfolgt am 155-160. Lebenstag, haben sich die von Beginn an vorhandenen Unterschiede nicht mehr ausgleichen können. Signifikante Differenzen ($p \leq 0,001$) liegen auch hier zwischen den einzelnen Gruppen vor. So wiegen z.B. die Ferkel, welche zur Geburt sehr kurze Schwänze hatten und im Vergleich sehr leicht waren, dann nur $96,61 \pm 10,61$ kg. Bei mittel langen Schwänzen und mittleren Gewichten zur Geburt entwickeln die Ferkel ein Testgewicht von $106,40 \pm 12,60$ kg und bei sehr langen Schwänzen und hohen Gewichten $109,67 \pm 12,53$ kg. Die Lebenstagszunahme

verhält sich gleichgerichtet zum Testgewicht. Zwischen den Schwanzlängen der Ferkel liegen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) vor. Je länger dabei der Schwanz eines Ferkels und je schwerer das Ferkel somit zur Geburt war, umso mehr nahm es in der Folge täglich zu, was im Widerspruch zu den Feststellungen von AIKINS- WILSON et al. (2021) steht. Die Zunahmen betragen z.B. ca. 650g bei sehr kurzen Schwänzen und ca. 733g bei sehr langen Schwänzen. Demzufolge driften die Gewichte der Tiere in der weiteren Entwicklung eher noch weiter auseinander. Dieser Eindruck bestätigt sich für die männlichen Ferkel. Für diese wurden weitere Zwischengewichte erhoben. Neben dem Geburtsgewicht waren auch die Gewichte an den Lebenstagen 25-30, 85-90 sowie 130-140 je signifikant ($p \leq 0,001$) unterschiedlich in Abhängigkeit von der Schwanzlänge. Dabei wurde stets mit einem längeren Schwanz zur Geburt ein höheres Zwischengewicht festgestellt. Auch hier wurden signifikant ($p = 0,014$) höhere tägliche Zunahmen im Prüfabschnitt beobachtet.

Auch die Muskeldicke unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Schwanzlänge der Ferkel zur Geburt. Die Ferkel, die zur Geburt bereits kurze Schwänze hatten und mit einem geringen Gewicht benachteiligt ins Leben starteten, haben zum Testzeitpunkt nach 155-160 LT auch eine geringere Muskeldicke. Es unterschieden sich die Ferkel mit einer sehr kurzen Schwanzlänge mit $63,83 \pm 6,02$ cm, einer kurzen Schwanzlänge mit $65,11 \pm 4,95$ cm und einer mittleren Schwanzlänge mit $65,72 \pm 4,80$ cm signifikant ($p \leq 0,001$) von denen mit langen Schwänzen mit $66,78 \pm 4,81$ cm und sehr langen Schwänzen mit $66,97 \pm 5,22$ cm. Für die Speckdicke zum Testzeitpunkt ergeben sich zwischen den Gruppen keine signifikanten und auch keine gerichteten Unterschiede. Alle Werte liegen bei durchschnittlich ca. 6,50 cm.

PAREDES et al. (2014), HALES et al. (2013) sowie SCHLEGEL et al. (1983) berichteten bereits davon, dass die Wachstumsleistung der Ferkel wesentlich vom Geburtsgewicht beeinflusst wird. Die weitere Entwicklung der mittleren Schwanzlänge von Ferkeln war ebenso bereits bekannt. SCHÄFFER (2014) stellte fest, dass sie am 29. Lebenstag $13,3 \pm 1,5$ cm, am 86. Lebenstag $18,8 - 19,7$ cm und am 165. Lebenstag und damit zum Ende der Mast $23,1 - 26,1$ cm beträgt. Die Angaben von KLEIN (2016) in Höhe von $25,3$ cm ($23,0 - 33,5$ cm) nach 110 Lebenstagen passen zu diesen Werten. Vom Schaf ist bekannt, dass die Schwanzlänge der 1. Lebenswoche mit der aus der 14. Lebenswoche mit $r = 0,833$ korreliert (HAVERKAMP et al., 2015). Es ist dort also ein Rückschluss von der Schwanzlänge zur Geburt auf die spätere Länge möglich (HAVERKAMP et al., 2015). Allerdings stellte sich die Frage, wie die Schwanzlänge der Ferkel zur Geburt und die weitere Entwicklung des Tieres als Ganzes miteinander zusammenpassen. Es ist vorstellbar, dass auch hier die Schwanzlänge zwischen Geburt und

einem späteren Zeitpunkt derart stark korrelieren, wie es beim Schaf der Fall ist. Demnach würden zur Geburt kurze Schwänze auch später eher kurz sein und lange Schwänze eher verhältnismäßig lang bleiben, was prinzipiell aus zuchttechnischer Sicht vorteilhaft wäre. Allerdings geht mit einer kurzen Schwanzlänge zur Geburt auch ein geringes Gewicht, verbunden mit einer benachteiligenden Situation für die Ferkel, einher, welche sie später nicht mehr in der Lage sind, zu kompensieren. Eine kurze Schwanzlänge zur Geburt bedeutet in der Regel also auch ein geringes Geburtsgewicht, oder andersherum, wie auch AIKINS- WILSON et al. (2021) bestätigen. Das bedeutet wiederum eine schlechtere Entwicklung der Ferkel. Aus diesem Gesichtspunkt heraus erscheint es zweifelhaft, dass eine Zucht auf kurze Schwänze Realität wird, da dies indirekt wahrscheinlich auch eine Zucht auf geringere Geburtsgewichte bedeuten würde. Aus dieser Tatsache heraus ergibt sich vermutlich keine Markfähigkeit für eine Zucht auf Kurzschwanzigkeit bei Schweinen.

5.7.2 Korrelationen der Kennzahlen der späteren Entwicklung

Die Korrelationen des Geburtsgewichts zu den im weiteren Verlauf erfassten Gewichten der Tiere beträgt in dieser Studie $r=0,341 - 0,442$. Die Werte sind signifikant ($p \leq 0,001$). Je später das Zwischen- bzw. Testgewicht genommen wurde, desto geringer ist dabei die Korrelation zum Geburtsgewicht. So liegt sie mit dem 25- Tages- Gewicht bei $r=0,442$ und mit dem Testgewicht nach 155-160 Tagen bei $r=0,341$. Die Korrelation zwischen Geburtsgewicht und Lebenstagszunahme beträgt $r=0,373$. Zur Muskeldicke am Testzeitpunkt liegt eine Korrelation von $r=0,209$ vor. Damit wird bestätigt, dass das Geburtsgewicht wesentliche Bedeutung für die weitere Entwicklung der Ferkel hat. Die Korrelationswerte für Geburtsgewicht bzw. Schwanzlänge gleichen sich in ihrem Verlauf zu den Entwicklungskennzahlen. Jedoch sind die Werte für die Schwanzlänge auf einem grundsätzlich geringeren Niveau von $r=0,180 - 0,300$ mit den späteren Gewichten. Zu der Lebenstagszunahme liegt eine Korrelation von $r=0,235$ und zur Muskeldicke mit $r=0,130$ vor.

5.8 Anomalien des Schwanzes von Ferkeln

5.8.1 Häufigkeiten des Auftretens von Anomalien des Schwanzes von Ferkeln

Eine Schwanzanomalie wurde in der vorliegenden Untersuchung bei 454 Ferkeln festgestellt. Daraus ergibt sich ein Anteil von 7,06%. Im Umkehrschluss haben 92,94% der Ferkel eine normale Schwanzform ohne Anomalien. Die Angaben von anderen Autoren bestätigen dies jedoch nicht. Die Werte waren bei deren Untersuchungen deutlich geringer, wobei vorrangig

allerdings nicht unter Reinzucht gearbeitet wurde. So wurden Anomalien im Schwanz bei ca. 4% (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2015-A; SPURR, 1969) bzw. teilweise sogar nur ca. 2% (JACKSON und COCKCROFT, 2007; SPURR, 1969) beobachtet. Als Anomalie wird dabei ein scharfer, deutlicher Winkel verstanden (JACKSON und COCKCROFT, 2007; NORDBY, 1934), der hauptsächlich am caudalen Schwanzende auftritt und in jede Richtung ausgeprägt sein kann (NORDBY, 1934). Nach KUNZE (2015) wurden die auftretenden Anomalien in drei Klassen eingeteilt. Mit Klasse I (Abwinkelung $\ll 90^\circ$) waren dort 1,34%, mit Klasse II (ca. 90°) 1,41% und mit Klasse III ($\gg 90^\circ$) 1,26% der Ferkel betroffen (KUNZE und WÄHNER, 2017). Das Auftreten unterschiedlicher Schweregrade war dort damit in etwa gleich verteilt. In der aktuellen Erhebung kann dies nicht bestätigt werden. Neben dem grundsätzlich größeren Anteil an Ferkeln mit Schwanzanomalie zeigt sich auch eine unterschiedliche Verteilung. So ist eine Abwinkelung der Klasse II mit einem Anteil von 1,01% etwa auf dem Niveau aus vorherigen Untersuchungen, wenngleich der Wert etwas geringer ist. Klasse I und III treten mit 2,88% bzw. 3,17% nun jedoch deutlich häufiger auf. Dies betrifft also die eher leichten und eher schweren Ausprägungsformen der Schwanzanomalien. Eine Ursache dafür kann nur vage bestimmt werden. Möglicherweise spielt die Reinzucht oder die Vaterlinie Piétrain oder aber eine Kombination aus beiden Faktoren die entscheidende Rolle dafür. In Folgegenerationen unter den Bedingungen der Kreuzung von Rassen wäre dann ein Ausgleich zwischen den Klassen vorstellbar.

Zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln ist das Vorkommen verschiedener Schwanzformen nahezu ausgeglichen. Es zeigt sich jedoch im Vergleich, dass männliche Ferkel leicht mehr Anomalien insgesamt haben (7,21% vs. 6,91%). Weibliche Ferkel prägen anteilig leicht mehr Anomalien der Klasse I aus (2,67% vs. 3,10%), während die männlichen dafür verhältnismäßig mehr Anomalien in der Klasse III (3,52% vs. 2,81%) ausbilden. Beim Rind ist es so, dass mehr als doppelt so viele weibliche als männliche Tiere mit den Phänomenen Brachyury bzw. Anury betroffene sind (HUSTON und WEARDEN, 1958). Weitere geschlechtsspezifische Unterschiede bei anderen Tierarten liegen nicht vor. Für das Schwein lässt sich hier die Tendenz, welche beim Rind festgestellt wurde, für das Auftreten von Schwanzanomalien nicht bestätigen. Es fällt deutlich auf, dass ein Unterschied zwischen lebenden und toten Ferkeln besteht. Bei lebenden Ferkeln treten deutlich mehr Anomalien auf. So sind dort 7,36% aller Ferkel betroffen, während es bei den toten nur 4,39% sind, was hingegen fast mit den Literaturangaben bei einem Anteil von ca. 4% übereinstimmt. Besonders die Klasse I, also die leichten Anomalieformen, unterscheiden sich enorm (3,11% bei lebenden vs. 0,78% bei toten Ferkeln).

NORDBY (1934) führte aus, dass die fehlerhafte Ausbildung des Schwanzes bereits in der frühen Phase der Trächtigkeit erfolgt. Das Auftreten kann in Verbindung mit urogenitalen Defekten geschehen (DONALD, 1949; RYLEY et al., 1955). Es ist auch eine Verbindung zu Wirbelsäulenverwachsungen und Bewegungsstörungen festgestellt worden (HERZOG, 2001). Wirbelmissbildungen sind auch bei Katzen im Zusammenhang mit kurzen Schwänzen bzw. Schwanzanomalien bereits aufgetreten (BMEL, 2015). Es wurden nun beim Ferkel allerdings, mit Ausnahme von Missbildungen im Bereich der Schwanzwirbelsäule, keine der beschriebenen weiteren Auffälligkeiten im Zusammenhang mit Schwanzanomalien festgestellt. In der Literatur wurden verschiedene Ursachen beschrieben, die Schwanzanomalien bedingen können. So spielt z.B. die Verschmelzung (HERZOG, 2001; NORDBY, 1934) bzw. Fusion (SEE, 1998) von Schwanzwirbeln eine Rolle. Auch kleinere oder schiefe Wirbelkörper sowie eine Dislokation von Wirbeln kann zur Formveränderung führen (BEER, 1964). Für andere Tierarten gilt ähnliches. Von KUNZE (2015) wurde bereits angedeutet, dass diese Ursachen beobachtet wurden. Auch in dieser Untersuchung lassen sich v.a. Wirbelverschmelzungen und Dislokationen einzelner Wirbelkörper sicher bestätigen. Diese wurden beim Aufschneiden der abgetrennten Schwanzspitzen festgestellt.

5.8.2 Ausprägung unterschiedlicher Kennzahlen bei verschiedenen Schwanzformen

In Abhängigkeit von der Schwanzform unterscheidet sich in der vorliegenden Untersuchung die Schwanzlänge der Ferkel signifikant ($p \leq 0,001$). So ist die Schwanzlänge bei Normalschwänzen $8,74 \pm 0,96$ cm lang, während sie mit einer Anomalie nur mittlere $8,06 \pm 1,14$ cm beträgt. Dies deckt sich mit den Angaben von KUNZE et al. (2015-A). Die signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,001$) der normalen Schwänze liegen zu allen Anomalieformen vor. Bei den Schwänzen mit Anomalie unterscheidet sich die Länge der Klassen I und III signifikant ($p = 0,003$) mit $8,30 \pm 1,09$ cm vs. $7,93 \pm 1,04$ cm. Es bestätigt sich, dass im Trend mit einem zunehmenden Grad der Anomalie die Schwanzlänge abnimmt (KUNZE et al., 2015-A). Über die signifikant verringerte Länge weichen die betroffenen Ferkel auch mehr vom Durchschnittswert ihres Wurfes ab. Dadurch wird wiederum die Variabilität bzw. Heterogenität im Wurf erhöht. Außerdem ist die maximal gemessene Schwanzlänge beim Auftreten von Anomalien mit $10,90$ vs. $12,50$ cm gegenüber normal geformten Schwänzen deutlich kürzer. Dieser Unterschied von $1,60$ cm wird in der Literatur bereits exakt so angegeben, wobei dort die Länge dieser längsten Schwänze allerdings $9,80$ vs. $11,40$ cm betrug (KUNZE et al., 2016-C). Es scheint außerdem so zu sein, dass die maximale Schwanzlänge mit zunehmendem Grad der Anomalie abnimmt. Die Ausprägung der kürzesten Schwänze folgt keinem gerichteten

Verlauf bei zunehmendem Anomaliegrad. Interessant ist, dass der kürzeste beobachtete Schwanz mit normaler Form 4,70 cm lang ist. Kein Schwanz mit einer Anomalie-Klasse I oder III ist derart kurz, obwohl dort die mittlere Schwanzlänge geringer ist. Die Ausprägung der Kennzahlen Gewicht, Körperlänge und Schwanzdurchmesser unterscheidet sich nicht signifikant und nur geringfügig zwischen den Schwanzformen. Das spricht dafür, dass mit einer Anomalie ausschließlich die Schwanzlänge beeinflusst wird.

Schwanzanomalien haben keine hohe allgemeine Bedeutung für die gegenwärtige Haltungspraxis, da die weitere Entwicklung der betroffenen Tiere normal zu sein scheint (KERKMANN, 2008; JACKSON und COCKCROFT, 2007). Dies bestätigt sich auch in der gegenwärtigen Untersuchung. Nicht zuletzt deshalb, weil sich die Geburtsgewichte der Ferkel zwischen den einzelnen Klassen der Schwanzform nur geringfügig unterscheiden, liegen auch die Testgewichte zum Ende der Mast auf einem recht einheitlichen Niveau. Es liegen keine signifikanten Unterschiede vor. Während Ferkel ohne Schwanzanomalie ein Gewicht von ca. 107 kg erreichen, sind es bei Ferkeln mit einer Schwanzanomalie ebenso ca. 106-108 kg.

5.9 Schwanzwirbel bei neugeborenen Ferkeln

5.9.1 Anzahl der Schwanzwirbel

Die Wirbelanzahl bei 552 untersuchten Ferkeln beträgt im Durchschnitt $24,11 \pm 2,41$ Stück. Dabei kommt es mit einer ca. 15%-igen Wahrscheinlichkeit annähernd gleichhäufig vor, dass ein Ferkel maximal 21, genau 23, 24, 25, 26 oder mindestens 27 Schwanzwirbel hat. Mit 22 Schwanzwirbeln werden dagegen nur ca. 9% aller Ferkel beobachtet. Insgesamt reicht die Spannweite von 16 bis zu 31 festgestellten Wirbeln. In der Literatur werden dagegen Wirbelanzahlen zwischen 20-23 Stück (SALOMON, 2015-B; LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; LIEBICH und KÖNIG, 2012; LYTLE und MEYER, 2010; NICKEL et al., 2004-A; DEFRA, 2002; GURLT, 1873-A) bzw. -24 Stück (WAGNER, 1845) aufgeführt. Die in dieser Untersuchung ermittelte Spannweite geht daher deutlich über die angegebenen Bereiche hinaus, wobei die Funktionsgenauigkeit des Ultraschallverfahrens geprüft und bestätigt wurde. Der deutlich höhere Maximalwert könnte daran liegen, dass ein wiederverwendbarer Startpunkt ausgewählt wurde, der sich ggf. vor dem eigentlichen ersten Schwanzwirbel befindet. Die Wirbel, die eigentlich zum Bereich des Kreuzbeins gehören, sind erst ab einem späteren Alter miteinander verschmolzen, beim Ferkel also nur als freie Wirbel, die Kreuzwirbel, zu erkennen (LIEBICH und KÖNIG, 2012; NICKEL et al., 2004-A). Doch selbst unter Einbezug der 3-4 Kreuzwirbel (SALOMON, 2015-B; LOEFFLER und GÄBEL, 2013-B; NICKEL et al., 2004-A) erscheinen bis zu 31

gezählte Wirbel als zu viele. Lediglich 16 Schwanzwirbel als Minimalwert sind dagegen sehr wenige. Dies ist trotz der Angaben von WAGNER aus dem Jahr 1845 der Fall, wonach die Anzahl der Schwanzwirbel sehr unterschiedlich sein kann. Auch bei anderen Tierarten, wie dem Schaf (ALDERSON, 2016; SHELTON, 1977), dem Hund (HYTÖNEN et al., 2009; HAWORTH et al., 2001) oder der Katze (DEFOREST und BASRUR, 1979; HOWELL und SIEGEL, 1963) können, vorrangig zwischen Rassen, teils große Unterschiede in der Schwanzwirbelanzahl bestehen. Eine Variabilität in der Anzahl der Schwanzwirbel ist daher keine Seltenheit.

Zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln wurden mit $24,12 \pm 2,35$ vs. $24,10 \pm 2,49$ Schwanzwirbel keine signifikanten Unterschiede gefunden. Die Spannweite ist dabei mit je 14 Wirbeln gleich, wobei männliche zwischen 16 und 30 und weibliche zwischen 17 und 31 Wirbel haben. Auch zwischen einer unterschiedlich hohen Wurfgröße bzgl. igF bzw. auch IgF unterscheidet sich die Anzahl der Schwanzwirbel der Ferkel nicht signifikant voneinander. Allerdings liegen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) in der Wirbelanzahl der Ferkel in Abhängigkeit davon vor, ob ein Ferkel lebt oder tot ist. Mit $24,22 \pm 2,36$ vs. $22,44 \pm 2,72$ Wirbel haben die lebendigen Ferkel ca. 1,80 Wirbel mehr, als die toten. Eine Ursache dafür ist anhand dieser Untersuchung nicht ableitbar. Jedoch verwundert die Beobachtung, da die Schwanzlänge lebender Ferkel trotz der höheren Anzahl an Schwanzwirbeln mit 8,69 cm sogar geringfügig, aber signifikant ($p=0,036$), kürzer ist als beim toten Ferkel. Dazu passen Angaben bei der Tierart Schaf, wonach die Schwanzlänge allein nicht als exakter Anzeiger für die Anzahl der Schwanzwirbel verstanden werden kann, da auch die Größe der einzelnen Wirbel entscheidend ist (ALDERSON, 2016). Dies könnte hier ebenfalls einen wesentlichen Einfluss haben.

5.9.2 Anzahl der Schwanzwirbel beim Auftreten von Schwanzanomalien

Im Vergleich der Schwanzwirbelanzahl zwischen normal geformten Schwänzen und solchen mit einer Anomalie liegt in der gegenwärtigen Untersuchung im Fall einer Anomalie eine signifikant ($p \leq 0,001$) reduzierte Anzahl an Schwanzwirbeln vor. In normalen Schwänzen werden $25,54 \pm 1,84$ Schwanzwirbel gezählt, während es bei Schwänzen mit Anomalie im Durchschnitt $23,80 \pm 2,41$ Wirbel sind. Der Unterschied beträgt damit im Mittel 1,74 Wirbel. Die Anzahl der Schwanzwirbel wird im Trend mit zunehmenden Schweregrad geringer, wobei zwischen den Klassen II und III allerdings keine signifikanten Unterschiede vorliegen. In Abhängigkeit von der Schwanzform verhält sich die Anzahl der Schwanzwirbel genau proportional zur Schwanzlänge bzw. umgekehrt. Liegen also weniger Schwanzwirbel vor, so ist auch die Schwanzlänge geringer. Beim Auftreten von Schwanzanomalien sind im

Umkehrschluss weniger Schwanzwirbel festzustellen, was wiederum eine geringere Schwanzlänge bedingt. Darüber hinaus ist die Standardabweichung bei den drei Anomalieformen stets größer, als dies bei normalen Schwänzen der Fall ist. Es lässt sich also festhalten, dass die Verteilung der Schwanzwirbelanzahl in Folge des Auftretens von Schwanzanomalien breiter ist. Außerdem sind im Falle einer Anomalie Schwänze mit lediglich 16 Wirbel aufgetreten, während es in normalen Schwänzen nie weniger als 20 Wirbel waren. In Abhängigkeit von der Klasse der Anomalie liegt dabei ein Minimum von 16-18 Schwanzwirbel vor, was stets unter dem Minimalwert der normalen Schwänze liegt. Die Anzahl der maximalen Schwanzwirbel wird bei steigender Anomalieklasse ebenso kleiner.

Die beiden Phänomene Brachyury und Anury sind beim Schwein möglich. (RABE, 2009; HYTÖNEN et al., 2009; HERZOG, 2001). Sie umschreiben das Auftreten von Kurzschwanzigkeit und Schwanzlosigkeit. Bei Brachyury fehlen dem Tier dabei einige Schwanzwirbel, während sie bei Anury vollständig fehlen (HERZOG, 2001). In der vorliegenden Untersuchung wurden keine Ferkel ohne Schwanzwirbel beobachtet. Folglich wurde Anury hier nicht nachgewiesen. Allerdings wurde beobachtet, dass im Mittel die Anzahl der Schwanzwirbel mit dem Auftreten einer Anomalie im Schwanzbereich reduziert ist. Es könnte sich bei den betroffenen Ferkeln so durchaus um Brachyury handeln. Der Bericht von einem Schaf mit Knickschwanz aufgrund von verkürzten bzw. verbogenen Schwanzwirbeln und mit sonst normaler Entwicklung, bei dem KERKMANN (2008) aufgrund dieser Erscheinungen Brachyury diagnostizierte, kann dazu als geeigneter Vergleich herangezogen werden. Vorrangig bei den Rassen Edelschwein und Landrasse wurden Brachyury und Anury bisher beobachtet (JACKSON und COCKCROFT, 2007; HERZOG, 2001). Für reinrassige Piétrain kann zumindest das Auftreten von Brachyury damit ebenso bestätigt werden. Es werden beim Schwein (HERZOG, 2001) oder etwa auch beim Schaf (JAMES, 2006) häufig weitere körperliche Defekte in diesem Zusammenhang erwartet. Für diese Untersuchung kann das nicht bestätigt werden.

5.9.3 Anzahl der Schwanzwirbel bei extremen Schwanzlängen

Bei Ferkeln mit einer Schwanzlänge von max. 7,70 cm beträgt die Anzahl der Schwanzwirbel in der vorliegenden Untersuchung $22,30 \pm 2,42$ Stück und reicht von 16 bis 28. Der Mittelwert (vs. $24,11 \pm 2,41$ Stück) sowie auch der Maximalwert (vs. 31 Stück) sind im Vergleich zu allen Ferkeln der Untersuchung reduziert. Im Vergleich zwischen kurz- ($<8,19$ cm), mittel- ($8,19$ - $9,18$ cm) und langschwänzigen ($\geq 9,19$ cm) Ferkeln zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Wirbelanzahl im Schwanz ist mit steigendem Längengrad signifikant ($p \leq 0,001$) höher. Der

Unterschied zwischen kurz- und langschwänzigen Ferkeln beträgt im Mittel mit $22,87 \pm 2,38$ vs. $25,79 \pm 0,85$ Wirbel knapp 3 Wirbel. Außerdem steigt sowohl die minimale als auch die maximale Schwanzwirbelanzahl mit zunehmender Länge an. Bei kürzeren Schwänzen reicht die Wirbelanzahl von 16-28, bei mittleren von 19-30 und bei den langen Schwänzen von 22-31. Darüber hinaus werden auch der Durchmesser des Schwanzes, die Körperlänge sowie das Gewicht des Ferkels proportional und ebenso signifikant mit steigender Länge größer. So bleibt festzuhalten, dass bei der Betrachtung kurzschwänziger Ferkel (max. 7,70 cm oder auch max. 8,18 cm) auch ein dünnerer Schwanz, eine kürzere Gesamtlänge und ein geringeres Gewicht des Ferkels, zusätzlich zu einer reduzierten Schwanzwirbelanzahl zu erwarten sind. Es liegt damit nahe, dass Zusammenhänge und gegenseitige Abhängigkeiten der Parameter vorliegen, was die ermittelten Korrelationen untereinander wiederum bestätigt. Beim Schaf ist es so, dass sowohl die Skelettgröße als auch die Schwanzwirbelgröße und -anzahl die Schwanzlänge der Tiere bestimmen (ALDERSON, 2016). Auch bei Mäusen ist bekannt, dass die Anzahl der Schwanzwirbel proportional zur Schwanzlänge verläuft (BARNETT, 1965) und auch beim Hund liegen große Unterschiede zwischen normal- und kurzschwänzigen Tieren vor (OBSCHERNICAT, 2013). Damit ergeben sich Gemeinsamkeiten zum Schwein. Auch hier bedingt zumindest die Anzahl der Schwanzwirbel eine offenbar unterschiedliche Länge des Schwanzes. Bei Kreuzungstieren des Schafes richtet sich die Anzahl der Schwanzwirbel mehr nach der des kurzschwänzigen Elternteils (ALDERSON, 2016). Denkbar ist, dass dies beim Schwein, verbunden mit einer daraus dann resultierenden kürzeren Schwanzlänge, ebenso der Fall sein könnte.

5.10 Ergebnisse für Ferkel nach Kreuzungszucht

Aus dem Pool an reingezüchteten Piétrain- Ferkeln wurden in dieser Untersuchung sechs männliche Tiere ausgewählt und später an Sauen aus Rotationskreuzung angepaart. Die Kreuzungsferkel (Pi x(DEXDL)) haben im Mittel einen $8,64 \pm 0,93$ cm langen Schwanz. Damit ist der Wert für dieses Merkmal nahezu identisch mit dem der Ferkel aus der Reinzucht mit $8,69 \pm 0,99$ cm. Die Spannweite ist mit 6,70 cm von 5,00-11,70 cm nun allerdings geringer, was auch an der deutlich kleineren Ferkelanzahl liegen kann. Neben der Schwanzlänge sind auch die Werte für den Schwanzdurchmesser und die Körperlänge der Ferkel zwischen den beiden Erhebungen auf einem Niveau. Das durchschnittliche Geburtsgewicht ist nun allerdings mit $1,59 \pm 0,41$ kg bei den Kreuzungsferkeln vs. $1,46 \pm 0,36$ kg bei den Reinzuchtferkeln deutlich größer.

Im Vergleich der Schwanzlänge zwischen den Ebern und ihren Ferkeln lassen sich tendenzielle Ähnlichkeiten beobachten. Bei Ebern mit einem hohen Zuchtwert für das Merkmal Schwanzlänge ist die Schwanzlänge der Ferkel im Mittel eher gering. Drei Eber haben einen Zuchtwert von mindestens 122. Die mittlere Schwanzlänge ihrer Ferkel beträgt 8,40 – 8,67 cm. Dabei fällt jedoch auf, dass der Eber mit dem höchsten Zuchtwert von 129 von diesen drei Ebern die mit 8,67 cm signifikant längste Schwanzlänge vererbt. Bei Ebern mit einem niedrigen Zuchtwert ist die Schwanzlänge der Ferkel dagegen eher lang, was grundsätzlich folgerichtig ist. Drei Eber haben einen Zuchtwert von 99 oder niedriger. Die Schwanzlänge ihrer Ferkel beträgt im Schnitt zwischen 8,54 und 9,15 cm. Dabei fällt allerdings ein Eber mit einem Zuchtwert von 97 besonders auf, da bei dessen Ferkel die Schwanzlänge im Mittel nur 8,54 cm beträgt. Es scheint so zu sein, dass bei den Ebern mit einem hohen Zuchtwert die kürzesten und längsten festgestellten Schwänze der Ferkel außerdem kürzer sind, als es bei den Ebern mit niedrigerem Zuchtwert der Fall ist. Das spricht, neben der tieferen mittleren Schwanzlänge an sich, dafür, dass diese Eber besser geeignet sein könnten, um eine generell kürzere Schwanzlänge zu vererben. Das liegt daran, dass bei einer annähernd gleichen Spannweite der Bereich der auftretenden Schwanzlängen insgesamt niedriger ist. Allerdings ist es so, dass bereits Korrelationen zwischen der Schwanzlänge und dem Geburtsgewicht der Ferkel in Verbindung mit Ergebnissen der späteren Entwicklung ermittelt worden sind, durch die eine erfolgsversprechende Zuchtarbeit erschwert bzw. sogar verhindert werden könnte. Und auch hier zeigt sich das. Die Verbindung der Schwanzlänge mit dem Geburtsgewicht ist sehr groß, denn dort, wo das mittlere Geburtsgewicht eher gering ist, werden kürzere Schwänze beobachtet. So wiegen z.B. die Ferkel bei drei Ebern 1,50 – 1,56 kg bei einer mittleren Schwanzlänge der Ferkel von 8,40 – 8,54 cm. Dagegen wiegen die Ferkel bei zwei anderen Ebern 1,71 bzw. 2,11 kg bei einer mittleren Schwanzlänge von 9,15 bzw. 9,06 cm.

Bei den Kreuzungsferkeln treten im Vergleich zu den Piétrain- Reinzuchtferkeln weniger Schwanzanomalien auf. Waren es in Reinzucht noch 7,06% aller Ferkel, so sind es bei den Kreuzungstieren nur 5,60%. Doch auch dieser Anteil ist noch größer, als er in der Literatur angegeben wird (KLEIN, 2016; KUNZE et al., 2015-A; JACKSON und COCKCROFT, 2007; SPURR, 1969). Im Vergleich zu den Tieren aus Reinzucht ist jede Klasse der Anomalien etwas weniger vertreten, wobei jedoch der größte Unterschied mit -0,74% auf die Klasse III, der stärksten Form der Abwinkelung, fällt. Auch unter den Bedingungen der Kreuzungszucht ist es nun so, dass die Schwanzlänge mit einer auftretenden Anomalie verkürzt ist. Hier liegen signifikante Unterschiede ($p=0,003$ bzw. $p=0,002$) zwischen normalen Schwänzen und solchen mit einer Anomalie der Klasse I bzw. III vor. Interessant ist, dass einer der verpaarten Eber („78582“,

Zuchtwert 77) zur Geburt selbst eine Anomalie der Klasse III hatte. Bei seinen Nachkommen wurden deutlich veränderte Verhältnisse gefunden, was den Anteil an den einzelnen Schwanzformen betrifft. So haben bei diesem Eber nur ca. 90% der Ferkel eine normale Schwanzform. Im Vergleich zu den Kreuzungsferkeln der anderen Eber (10,20 vs. 4,70%) ist der Anteil an Ferkeln, die eine Schwanzanomalie haben, hier mehr als doppelt so hoch. Dabei sind die Anteile in allen drei Klassen, besonders jedoch wiederum in Klasse III, erhöht. Es scheint also so zu sein, dass die Schwanzanomalie, die der Vater zur Geburt selbst hatte, auch einen Einfluss auf die Ausprägung der Schwanzform seiner Ferkel hat. Eine Vererbung des Phänotyps ist daher vorstellbar. Die in dieser Untersuchung ermittelte direkte Heritabilität von $h_d^2=0,343$ für das Auftreten einer Anomalie im Schwanzbereich unterstützt dies. Die übrigen fünf Eber, welche alle zur Geburt keine Anomalie hatten, haben zu 94,48 – 97,87% normalschwänzige Ferkel.

6 Schlussfolgerungen

1. Die Schwanzlänge bei Piétrain- Ferkeln in Reinzucht beträgt im Mittel $8,69 \pm 0,99$ cm. Die Werte reichen von 4,10 cm bis zu 12,50 cm, was eine Spannweite von 8,40 cm bedeutet.
2. Es wird eine große Variabilität der Schwanzlänge beobachtet. Dies lässt sich aus hohen Werten für die Standardabweichung, der Gesamtspannweite der Schwanzlänge, der mittleren Abweichung der Schwanzlänge eines Einzelferkels um $0,61 \pm 0,49$ cm vom Durchschnitt seines Herkunftswurfes sowie den Unterschieden zwischen den einzelnen Würfen von im Mittel bis zu 3,20 cm ableiten.
3. Ferkel mit sehr kurzem Schwanz und einer normalen Schwanzform bei guter sonstiger körperlicher Konstitution und einer damit einhergehenden guten Entwicklungsperspektive sind sehr selten. Es haben z.B. nur ca. 4% aller Ferkel überhaupt eine Schwanzlänge von unter 7,00 cm.
4. Weitere Körpermerkmale stimmen mit Angaben aus der Literatur weitgehend überein. Der Schwanzdurchmesser beträgt im Mittel $0,79 \pm 0,09$ cm, die Körperlänge durchschnittlich $27,43 \pm 2,40$ cm und das Gewicht der Ferkel mittlere $1,46 \pm 0,36$ kg.
5. Unter den Bedingungen der Kurzschwänzigkeit bei einer Länge von max. 7,70 cm zeigen sich veränderte Werte für die weiteren Körpermerkmale der Ferkel. Neben einem dünneren Schwanz ($0,68 \pm 0,09$ cm) liegt dann ein kürzerer Körper ($24,52 \pm 2,08$ cm) und auch ein geringeres Geburtsgewicht ($1,01 \pm 0,30$ kg) vor.
6. Die Schwanzlänge wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Der Messzeitpunkt sowie das Auftreten einer Anomalie sind dabei vorrangig zu benennen und haben einen signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) auf die Ausprägung der Schwanzlänge. Ein Einfluss der Wurfnummer ist tendenziell gegeben, jedoch nicht signifikant ($p = 0,0879$).
7. Ein Einfluss der Wurfnummer der Mutter liegt außerdem auf den Durchmesser des Schwanzes, das Gewicht (je $p < 0,001$) sowie die Ausprägung einer Anomalie ($p = 0,002$) signifikant vor. Jedoch ist das für die Körperlänge des Ferkels nicht der Fall ($p = 0,3069$). Ein Einfluss des Messzeitpunkts liegt dagegen auf alle genannten Merkmale signifikant ($p < 0,001$) vor. Das Gewicht des Ferkels wird darüber hinaus signifikant ($p = 0,027$) vom Geschlecht beeinflusst.

8. Eine züchterische Beeinflussung der Schwanzlänge ist möglich. Die Schwanzlänge wird mit einer direkten Heritabilität von $h_d^2=0,306 \pm 0,03$ vererbt. Dabei deckt sich diese relativ starke direkte Vererbung weitestgehend mit den Erkenntnissen aus anderen Untersuchungen beim Schwein sowie auch bei anderen Tierarten, wie der Maus oder dem Schaf, wengleich die dort geschätzten Werte sogar noch etwas höher sind.
9. Die Schwanzlänge wird genetisch vorrangig direkt und nur nachrangig maternal bestimmt. Die maternale Heritabilität der Schwanzlänge beträgt $h_m^2=0,073 \pm 0,02$. Zwischen den direkten und den maternalen Komponenten liegt dabei eine Korrelation von $r=-0,05 \pm 0,05$ vor. Der relative Varianzanteil der Wurfumwelt beträgt außerdem $c^2=0,103 \pm 0,01$ und ist damit ebenfalls nur von untergeordneter Bedeutung.
10. Andere ausgewählte Körpermerkmale werden, verglichen mit der Schwanzlänge, schwächer direkt vererbt. Die direkte Heritabilität beträgt für den Durchmesser des Schwanzes $h_d^2=0,122 \pm 0,02$, für die Körperlänge $h_d^2=0,177 \pm 0,04$ und für das Geburtsgewicht $h_d^2=0,043 \pm 0,03$.
11. Die direkten genetischen Korrelationen der Schwanzlänge zu den direkt additiv-genetischen Komponenten des Schwanzdurchmessers, der Körperlänge und des Geburtsgewichts liegen im mittleren und positiven Bereich. Sie betragen zwischen $r_{gd}=0,41 - 0,60$ und sind damit als relativ hoch zu bewerten.
12. Es kann ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Schwanzwirbel und der Schwanzlänge bei Ferkeln beobachtet werden. Die phänotypische Korrelation zwischen beiden Merkmalen beträgt $r_p=0,557$ ($p \leq 0,001$). Die Korrelationen zwischen der Schwanzwirbelanzahl und dem Schwanzdurchmesser, der Körperlänge und dem Gewicht des Ferkels befinden sich dagegen eher im niedrigeren Bereich von $r_p=0,200$.
13. Bei einer kurzen Schwanzlänge zur Geburt haben Ferkel gleichzeitig ein signifikant ($p \leq 0,001$) geringeres Geburtsgewicht. Damit geht eine benachteiligende Situation für die betroffenen Ferkel einher, da sie sich schlechter entwickeln und ihren Nachteil zur Geburt dann nicht mehr ausgleichen können. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) zwischen verschiedenen Schwanzlängen u.a. in der Lebenstagszunahme, im Testgewicht am 155-160. Lebenstag und in der Muskeldicke belegen das.

14. Eine Schwanzanomalie tritt bei etwa 7% aller Ferkel auf. Damit ist die Frequenz der Anomalien unter Reinzucht, besonders wegen dem vermehrten Auftreten in den Klassen I und III, sehr hoch. Tote Ferkel haben dabei weniger Schwanzanomalien als lebende (4,39% vs. 7,36%), was besonders auf die Unterschiede der Anomalien in Klasse I zurückzuführen ist.
15. Die Schwanzlänge unterscheidet sich signifikant ($p \leq 0,001$) in Abhängigkeit von der Schwanzform. Dabei zeigt sich, dass mit einem zunehmenden Grad der Anomalie die Schwanzlänge abnimmt. Weitere Körpermerkmale, wie das Gewicht, die Körperlänge und der Schwanzdurchmesser, unterscheiden sich nicht signifikant und nur geringfügig zwischen den jeweiligen Schwanzformen. Das spricht dafür, dass mit einer Anomalie besonders die Schwanzlänge beeinflusst wird.
16. Es wird eine hohe Anzahl an Schwanzwirbeln bei Ferkeln festgestellt. Sie beträgt im Mittel $24,11 \pm 2,41$ Stück und hat eine Spannweite von 16 bis 31 Stück.
17. Im Falle einer Schwanzanomalie ist die Schwanzwirbelanzahl signifikant ($p \leq 0,001$) reduziert. Während im normalen Schwanz $25,54 \pm 1,84$ Wirbel vorliegen, sind es bei einer Anomalie nur $23,80 \pm 2,41$ Wirbel. Die Anzahl wird im Trend mit zunehmenden Grad der Anomalie kleiner. Die Schwanzlänge verhält sich proportional dazu.
18. Kreuzungsferkel ($P_i \times (DExDL)$) haben tendenzielle Ähnlichkeiten in der Schwanzlänge zu ihren Vätern. Ferkel, deren Väter einen hohen Zuchtwert für das Merkmal Schwanzlänge haben, zeigen folgerichtig im Mittel eine eher kurze Schwanzlänge. Dagegen ist bei Ferkeln, die einen Vater mit niedrigem Zuchtwert haben, die Schwanzlänge der Ferkel eher lang.
19. Bei den Kreuzungsferkeln werden im Vergleich zu den Reinzuchtferkeln allgemein weniger Schwanzanomalien festgestellt (5,60% vs. 7,06%). Jedoch wurde bei einem Eber (Eber „78582“, Zuchtwert 77), welcher zur Geburt selbst eine Anomalie der Klasse III zeigte, beobachtet, dass seine Ferkel ein vermehrtes Auftreten an Anomalien im Schwanzbereich haben (10,20% vs. 4,70% der Ferkel bei anderen Ebern). Anhand dieser Werte bestätigt sich die ermittelte direkte Heritabilität in Höhe von $h_d^2 = 0,343$ für das Auftreten einer Anomalie.

7 Zusammenfassung

Der Schwanz des Schweins ist ein Körpermerkmal, welches zunehmend im Fokus der Schweinehaltung steht. Doch über die Ausprägung des Schwanzes und von mit ihm zusammenhängenden Merkmalen ist noch nicht viel bekannt. Ziel dieser Untersuchung war es deshalb, die phänotypische und genetische Variabilität der Schwanzlänge und weiterer Körpermerkmale, wie dem Schwanzdurchmesser, der Körperlänge oder dem Gewicht, zu erheben. Darüber hinaus sollten Einflüsse auf die Merkmale ermittelt, sowie Heritabilitäten und Korrelationen für die Merkmale berechnet werden. Außerdem stand die weitere Entwicklung der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge im Blickpunkt. Auch die Ausprägung von Schwanzanomalien sowie die Anzahl der Schwanzwirbel wurden untersucht. Die Messung der Daten erfolgte hauptsächlich in einem Basiszuchtbetrieb der BHZP GmbH, wo unter Reinzucht 6.428 Ferkel der Rasse Piétrain untersucht wurden. Die Datensätze wurden dabei vorrangig am ersten Lebenstag erhoben, wobei die mittlere Wurfnummer der Sau $2,05 \pm 1,31$ betrug. Darüber hinaus wurden die Merkmale an den Nachkommen einiger geprüfter männlicher Ferkel nach Kreuzungszucht (Pi x (DE x DL)) gemessen.

Es konnte festgestellt werden, dass die Schwanzlänge der Ferkel $8,69 \pm 0,99$ cm beträgt. Sie wird vom Messzeitpunkt und dem Auftreten einer Anomalie signifikant (je $p < 0,001$) und von der Wurfnummer der Sau tendenziell ($p = 0,0879$) beeinflusst. Die hohe Standardabweichung von 0,99 cm, eine Spannweite von insgesamt 8,40 cm sowie Unterschiede innerhalb, aber auch zwischen Würfen führen zu der Aussage, dass eine hohe Gesamtvariabilität für die Schwanzlänge vorliegt. Daraus lässt sich prinzipiell die Möglichkeit ableiten, über züchterische Maßnahmen das Merkmal beeinflussen zu können, wofür auch eine direkte Heritabilität von $h_d^2 = 0,306 \pm 0,03$ spricht. Die maternale Heritabilität liegt bei $h_m^2 = 0,073 \pm 0,02$, wobei sich eine Korrelation zur direkten Heritabilität von $r = -0,05 \pm 0,05$ ergibt. Der relative Varianzanteil der Wurfumwelt beträgt $c^2 = 0,103 \pm 0,01$. Einer möglichen Zucht auf kürzere Schwänze steht jedoch besonders entgegen, dass mit einer kurzen Schwanzlänge auch ein geringes Geburtsgewicht einhergeht. Damit liegt gleichzeitig ein Nachteil für die weitere Entwicklung der Ferkel vor, da diese das niedrige Gewicht später nicht mehr kompensieren können.

Eine Schwanzanomalie tritt in 7,06% der Fälle auf und ist damit hier stark verbreitet. Mit einer Anomalie ist dabei die Schwanzlänge sowie auch die Anzahl der Schwanzwirbel signifikant (je $p \leq 0,001$) reduziert. Zwischen Schwanzlänge und Schwanzwirbelanzahl liegt eine phänotypische Korrelation von $r_p = 0,557$ vor. Die erhobene Schwanzwirbelanzahl beträgt im Mittel $24,11 \pm 2,41$ Stück.

8 Summary

The tail of a pig is a physical feature, which is moving more and more into the focus of pig farming. But there are many unknown aspects regarding this characteristic and related features. The aim of this study was to determine the phenotypic and genetic variability of the tail length and other physical features, such as the diameter of the tail, the body length or the weight of the piglets. Moreover, influences on the characteristics were investigated, heritabilities and correlations calculated and additionally, the future growth of the piglets depending on the tail length examined. Part of this study was also the investigation of tail abnormalities and the number of caudal vertebrae. The biggest part of the data collection for 6,428 pure Piétrain pigs took place in a nucleus line of the pig breeding company BHZP GmbH, where the piglets mostly were one day of age. The mean number of the litter of the sow was 2.05 ± 1.31 . Furthermore, the expression of physical features in the progeny of some male piglets ($P_i \times (LW \times GL)$) was analysed.

As a result, the tail length of the piglets can be determined with 8.69 ± 0.99 cm. The tail length is influenced significantly ($p < 0.001$) by the date of measurement and the occurrence of an abnormality and only tends to be influenced by the number of the litter of the sow ($p = 0.0879$). The high standard deviation of 0.99 cm, a high general range of 8.40 cm and differences within as well as between the litters are indicating a high total variability of the tail length. It suggests that there is a possibility to influence this characteristic by breeding, which is supported by a direct heritability of $h_d^2 = 0.306 \pm 0.03$. The maternal heritability is $h_m^2 = 0.073 \pm 0.02$ having a correlation between direct and maternal components of $r = -0.05 \pm 0.05$. The common litter environment is $c^2 = 0.103 \pm 0.01$. The possible breeding of short-tailed pigs is hindered by their lower birth weight. This constitutes a disadvantage for the further development of the piglets because they will not be able to compensate for it later in their life.

An abnormality of the tail occurs in 7.06% of all piglets and can therefore be described as widespread. The length of the tail as well as the number of caudal vertebrae is reduced significantly ($p < 0.001$) when an abnormality occurs. There is a phenotypic correlation of $r_p = 0.557$ between the tail length and the number of caudal vertebrae. The mean number of caudal vertebrae in the tail is 24.11 ± 2.41 .

9 Literaturverzeichnis

- ADEOLA, A.C., OSENI, S.O., OMITOGUN, O.G., 2013: Morphological characterization of indigenous and crossbred pigs in rural and peri-urban areas of southwestern Nigeria. *Open Journal of Animal Sciences*. Vol.3, 3. S. 230-235.
- AGULNIK, I.I., AGULNIK, S.I., SAATKAMP, B.D., SILVER, L.M., 1998: Sex-specific modifiers of tail development in mice heterozygous for the brachyury (T) mutation. *Mamm. Genome* Vol. 9. S. 107-110.
- AIKINS- WILSON, S., BOHLOULI, M., KÖNIG, S., 2021: Maternal and direct genetic parameters for tail, tail lesions, and growth traits in pigs. *Journal of Animal Science*, 2021. Vol. 99, Issue 1, 1-11.
- ALDERMAN, C., 1993: Tail docking - the long and the short of it. Editorial. *Journal of Small Animal Practice*, Vol. 34, 8, Aug. S. 365.
- ALDERSON, G.L.H., 2016: Sheep. Aus: Porter, V., Alderson, G.L.H., Hall, S.J.G. und Sponenberg, D.B., 2016: *Mason's World Encyclopedia of Livestock Breeds and Breeding- 2 Volume Pack*. CPI Group (UK) Ltd., Croydon. ISBN: 978 1 84593 466 8. S. 725.
- ARTZT, K., COOKINGHAM, J., BENNETT, D., 1987: A new mutation (t-int) interacts with the mutations of the mouse T/t complex that affect the tail. *Genetics* Vol. 116. S. 601-605.
- ASDELL, S.A., WILLMAN, J.P., 1941: THE CAUSES OF STILLBIRTH IN SWINE AND AN ATTEMPT TO CONTROL IT. *Journal of Agricultural Research* Vol. 63, 6. S. 345-353.
- AVMA, 2013: Literature Review on the Welfare Implications of Tail Docking-Dogs. *American Veterinary Medical Association*. 29. Jan.
- BAADE, G.A., 1948: Wiederaufbau der deutschen Schweinezucht. Aus: Rothes, G., 1948: *Landwirtschaft Angewandte Wissenschaft- Vorträge der 2. Hochschultagung der Landwirtschaftlichen Fakultät Bonn- Poppelsdorf vom 14. bis 16. September 1948*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. ISBN 978-3-663-03038-6. S. 124-140.
- BARNETT, S.A., 1965: GENOTYPE AND ENVIRONMENT IN TAIL LENGTH IN MICE. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences*, Vol. 50, 4, 10. Okt. S. 417-429.
- BEER, J., 1964: Erblich bedingte Mißbildungen beim Schwein. Sonderdruck aus „Monatshefte für Veterinärmedizin“. Heft 15. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. S. 581.
- BENNETT, D., 1975: The T-locus of the mouse. *Cell*. Vol. 6. S. 441-454.

- BLE, 2016: Aus der Forschung in den Stall – Tierschutz-Symposium mit ersten Ergebnissen- Berlin/Bonn, 21. April 2016. Presseinformation.
- BLE, 2017: Netzwerk 7, Kupierverzicht bei Schaflämmern. URL: <https://www.mud-tierschutz.de/demonstrationsbetriebe/netzwerk-7-kupierverzicht-schafe/>. Gesehen am: 12.05.2017.
- BMEL, 2005: Gutachten zur Auslegung von § 11b des Tierschutzgesetzes (Verbot von Qualzuchtungen). Sachverständigengruppe Tierschutz und Heimtierzucht. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL, 2015: Versuchstierdaten 2015. Beitrag für Referat L3 zur Rubrik Tierschutz. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BODNÁR, E.S., JÁVOR, A., BODNÁR, K., 2015: MEASUREMENTS ON THE BODY SIZE OF THE WILD BOAR IN GAME FARMS. Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice - Seria Zootehnie. Vol. 63.
- BOSELNANN, S., 2013: Physikalische und technische Grundlagen, Aus: Sohn, C., Holzgreve, W., 2013: Ultraschall in Gynäkologie und Geburtshilfe, 3. Vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag KG. ISBN 978-3-13-101973-8. S. 25-59.
- BRANDT, H., 2013: Zuchtziele und Zuchtmethoden der Zukunft. Vortrag, SUISAG Züchtertagung 06.11.2013.
- BRANFORD OLTENACU, E.A. und BOYLAN, W.J., 1974: Inheritance of Tail Length in Crossbred Finnsheep. The Journal of Heredity Vol. 65. S. 331-334.
- BROOKSBANK, N.H., 1958: Congenital deformity of the tail in pigs. Br. vet. J., Vol. 114. S. 50-55.
- BUCKINGHAM, K.J., MCMILLIN, M.J., BRASSIL, M.M., SHIVELY, K.M., MAGNAYE, K.M., CORTES, A., WEINMANN, A.S., LYONS, L.A., BAMSHAD, M.J., 2013: Multiple mutant T alleles cause haploinsufficiency of Brachyury and short tails in Manx cats. Mamm. Genome Vol. 24. S. 400-408.
- CARTER, A.H., 1976: Inherited taillessness in sheep. In Agricultural research in New Zealand. New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries. Annual Report of Research Division 1975-76, Wellington, New Zealand. S. 33-34.
- DANDAPAT, A., DEV CHOUDHURY, K.B., DEBBARMA, C. und DAS, M.K., 2010: Phenotypic characterization of Mali pig in Tripura, India. Livestock Research for Rural Development. Vol. 22, Article 83.
- DEFOREST, M.E., BASRUR, P.K., 1979: Malformations and the Manx Syndrome in Cats. Can. vet. J. Vol. 20. Nov. S. 304-314.

- DEFRA, 2002: Tail docking in pigs- healing and repair mechanisms with particular regard to long-term pain. Department for Environment, Food and Rural Affairs. Research and Development. Final Projekt Report.
- DENNIS, S.M., 1972: Congenital tail defects in lambs. *The Cornell Veterinarian* Vol. 62. S. 568-572.
- DERKING, S., 2015: Feldstudie an hochproduktiven Sauen zu Fütterungseinflüssen auf die Entwicklung der Körpermasse und Rückenspeckdicke in der Laktation sowie auf die Leistung der Ferkel (Wurfzuwachs). Inaugural-Dissertation an der tierärztlichen Hochschule Hannover. 1. Auflage. DVG Service GmbH. ISBN 978-3-86345-269-8.
- DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKAIA, N., 1927: Sur la mortification spontaneede la queue chez la souris nouveau-nee et sur la existence d'un caractere (facteur hereditaire) non-viable. *C.R. Soc. Biol.* Vol. 97. S. 114-117.
- DOBROVOLSKAIA-ZAVADSKAIA, N., KOBOZIEFF, N., 1932: Les souris anoures et la queue filiforme qui se reproduisent entres elles sans disjunction. *C.R. Soc. Biol.* Vol. 110. S. 782-784.
- DONALD, H.P., 1949: The inheritance of a tail abnormality associated with urogenital disorders in pigs. *J. agric. Sci., Camb.*, Vol. 39. S. 164-173.
- ELLENBERGER, W. und BAUM, H., 1915: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.* Springer- Verlag Berlin Heidelberg GmbH. ISBN 987-3-662-23533-1. S. 282-283.
- ERCANBRACK, S.K., KNIGHT, A.D., 1978: Frequencies of various birth defects of Targhee and Columbia sheep. *The Journal of Heredity* Vol. 69. S. 223-227.
- ERCANBRACK, S.K., PRICE, D.A., 1971: Frequencies of various birth defects of Rambouillet sheep. *The Journal of Heredity* Vol. 62. S. 237-243.
- FAO, 2012: Phenotypic characterization of animal genetic resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Animal Production and Health Guidelines* No. 11. Rome. ISBN 978-92-5-107199-1.
- FINGEROTH, J.M., JOHNSON, G.C., BURT, J.K., FENNER, W.R., CAIN, L.S., 1989: Neuroradiographic diagnosis and surgical repair of tethered cord syndrome in an English bulldog with spina bifida and myeloschisis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Mai, Vol. 194, 9. S.1300-1302.
- FISCHER, H., 1960: Crooked tail, an inherited defect in swine. *Hemera Zoa*, Vol. 67. S. 33-37.
- FUJIMOTO, A., BABA, N., WAKASUGI, N., 1991: A tail length modifier gene discovered in the Japanese wild mice (*Mus musculus molossinus*). *Jpn. J. Genet.* Vol. 66. S. 141-154.

- FUJIMOTO, A., WAKASUGI, N., TOMITA, T., 1994: The developmental and morphological studies on the neural and skeletal abnormalities in the Tibtm tailless mice. *Dev. Growth & Differ.* Vol. 36. S. 409-417.
- FUJIMOTO, A., WAKASUGI, N., TOMITA, T., 1995: A novel partial t haplotype with a Brachyury-independent effect on tail phenotype. *Mamm. Genome*, Juni, Vol. 6, 6. S. 396-400.
- FUTUYMA, D.J., 1990: Heritabilität und Varianzkomponenten einiger Merkmale bei Tieren. Nach: Falconer, 1960, aus verschiedenen Quellen. Aus: Futuyma, 1990: *Evolutionsbiologie*. Springer Basel AG. ISBN 978-3-0348-5236-4. S. 219.
- GÄRTNER, R., 1927: *Züchtungskunde. Ein Handbuch ihrer allgemeinen biologischen Grundlagen für Landwirte und Studierende*. Herausgegeben von Zorn, W.: Tierzuchtbücherei. Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer, in Stuttgart.
- GURLT, E.F., LEISERING, A.G.T. und MUELLER, C.F., 1873-A: *Gurlt's Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haus-Säugethiere*. Neu bearbeitet von A.G.T. Leisering u. C. Mueller., 5. Auflage. Verlag von August Hirschwald. S. 28-43.
- GURLT, E.F., LEISERING, A.G.T. und MUELLER, C.F., 1873-B: *Gurlt's Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haus-Säugethiere*. Neu bearbeitet von A.G.T. Leisering u. C. Mueller. 5. Auflage. Verlag von August Hirschwald. S. 297.
- HALES, J., MOUSTSEN, V.A., NIELSEN, M.B.F., HANSEN, C.F., 2013: Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a noncrated system. *J. Anim. Sci.*, Vol. 91. S. 4991-5003.
- HAVERKAMP, H. VON SENDEN GENANNT, BRANDT, H., ERHARDT, G., 2015: Variation in der Schwanzlänge beim Merinolandschaf als Basis für züchterische Aktivitäten. Kurzfassungen der Vortragstagung der DGfZ und der GfT am 16. Und 17. September 2015 in Berlin.
- HAWORTH, K., PUTT, W., CATTANACH, B., BREEN, M., BINNS, M., LINGAAS, F., EDWARDS, Y. H., 2001: Canine homolog of the T-box transcription factor T; failure of the protein to bind to its DNA target leads to a short-tail phenotype. *Mamm. Genome* Vol. 12. S. 212-218.
- HEINZE, A., RAU, K., 2007: *Steigende Wurfgrößen – mehr verwertbare Ferkel?*. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena.
- HERSKIN, M.S., THODBERG, K., JENSEN, H.E., 2015: Effects of tail docking and docking length on neuroanatomical changes in healed tail tips of pigs. *Animal*, Vol. 9, 4. S. 677-681.
- HERZOG, A., 2001: *Pareys Lexikon der Syndrome, Erb- und Zuchtkrankheiten der Haus- und Nutztiere*. Parey Buchverlag Berlin. ISBN 3-8263-3237-7. S. 30-33, 67, 68, 284, 285, 466, 468, 471, 515.

- HILDEBRAND, M. und GOSLOW, G.E., 2004: Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere. Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN: 3-540-00757-1. S. 171.
- HOFFMANN, A., CZICHOS, S., KAPS, C., BACHNER, D., MAYER, H., 2002: The T-box transcription factor Brachyury mediates cartilage development in mesenchymal stem cell line C3H10T1/2. *J. Cell. Sci.*, Vol. 115. S. 769-781.
- HÖRÜGEL, K. 2004: Die Geburtsmasse des Ferkels – ein wichtiger Einflussfaktor auf die Gesundheit und Leistung der Schweine. Aus: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004: Gesunderhaltung der Nutztierbestände. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 1, 9. Jahrgang. S. 5-11.
- HOWELL, J.M., SIEGEL, P.B., 1963: Phenotypic variability of taillessness in Manx cats. *Journal of Heredity*. Jul., Vol. 54, 4. S. 164-169.
- HUSTON, K., WEARDEN, S., 1958: Congenital Taillessness in Cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 41,10. S. 1359-1370.
- HYTÖNEN, M.K., GRALL, A., HÉDAN, B., DRÉANO, S., SEGUIN, S.J., DELATTRE, D., THOMAS, A., GALIBERT, F., PAULIN, L., LOHI, H., SAINIO, K., ANDRÉ, C., 2009: Ancestral T-box mutation is present in many, but not all, short-tailed dog breeds. *Journal of Heredity*. Vol. 100, 2. S. 236-240.
- INDREBØ, A., LANGELAND, M., JUUL, H.M., SKOGMO, H.K., RENGMARK, A.H., LINGAAS, F., 2008: A study of inherited short tail and taillessness in Pembroke Welsh corgi. *J. Small Anim. Pract.* Vol. 49. S. 220-224.
- JACKSON, P.G.G. und COCKCROFT, P.D., 2007: *Handbook of Pig Medicine*. Elsevier Limited. ISBN 978 0 7020 2828 1. S. 51.
- JAMES, P.J., 2006: Genetic alternatives to mulesing and tail docking in sheep: a review. *Australien Journal of Experimental Agriculture*. Vol. 46. S. 1-18.
- JORDAN, R.M., 1952: The description of the No Tail breed of sheep following forty years of breeding. *Proceedings of the South Dakota Academy of Science* Vol. 31. S. 103-104.
- KANBAY, F., 2010: *Tiere im Wald + auf der Wiese*. ISBN: 978-3-8174-8247-4. S. 42.
- KAUFMANN, D., HOFER, A., BIDANEL, J.P. und KÜNZI, N., 2000: Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. *Abstract, J. Anim. Breed. Genet.* Vol. 117, S. 121-128.
- KERKMANN, A., 2008: *Untersuchungen zu kongenitalen Anomalien bei Schaf und Ziege*. Inaugural-Dissertation der Tierärztlichen Hochschule Hannover. Institut für Tierzucht und Vererbungsforshung. S. 114-131.

- KILEY-WORTHINGTON, M., 1976: The Tail Movements of Ungulates, Canids and Felids With Particular Reference To Their Causation and Function as Displays. Behaviour. Vol. 56, 1. ISSN: 0005-7959. S. 69-114.
- KITCHEN, H., MURRAY, R.E., COCKRELL, B.Y., 1972: Animal model for human disease. Spina bifida, sacral dysgenesis and myelocele. Animal model: Manx cats. American Journal of Pathology, Jul. Vol. 68, 1. S. 203-206.
- KLEIN, S., 2016: Analyse des T-Gens als mögliches Kandidatengen für die Schwanzlänge beim Schwein. Master-Thesis im Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- KLEIN, S., WEIMANN, C., ERHARDT, G., 2015: Analyse des T-Gens als Kandidatengen für die Schwanzlänge beim Schwein. Kurzfassungen der Vortragstagung der DGfZ und der GfT am 16. und 17. September 2015 in Berlin.
- KLODNITZKY, I., SPETT, G., 1925: Kurzschwänzige und schwanzlose Varianten bei Hunden. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, Vol. 38. S. 72-74.
- KOMPETENZKREIS TIERWOHL, 2015: Empfehlungen des Kompetenzkreises Tierwohl an das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zum Thema Schwanzbeißen bei Schweinen vom 23. September 2015.
- KORZH, V., GRUNWALD, D., 2001: Nadine Dobrovolskaia-Zavadskaia and the dawn of developmental genetics. Bioessays, Vol. 23. S. 365-371.
- KUNZE, T., 2015: Untersuchungen zur Variabilität und zu möglichen Einflüssen auf die Schwanzlänge bei neu geborenen Ferkeln unter Berücksichtigung von Häufigkeit und Grad von Wirbelanomalien. Masterarbeit. Hochschule Anhalt (FH), Bernburg.
- KUNZE, T., SCHOLZ, H., WÄHNER, M., 2015-A: Variabilität und mögliche Einflüsse auf die Schwanzlänge bei neu geborenen Ferkeln unter Berücksichtigung von Häufigkeit und Grad von Wirbelanomalien. Kurzfassungen der Vortragstagung der DGfZ und der GfT. 16. und 17.09.2015. Berlin.
- KUNZE, T., SCHOLZ, H., WÄHNER, M., 2015-B: Variability and possible influences on the length of tails in newly born piglets taking into account the frequency and the level of vertebral anomalies. Präsentation. 12th International Workshop. „Research in Pig Breeding“. Institute of Animal Science Prague Uhrineves und Czech Academy of Agricultural Sciences. 21.-22. Oktober 2015. Kostelec nad Orlicí*Vrbice.

- KUNZE, T., SCHOLZ, H., WÄHNER, M., 2016-A: Variabilität und mögliche Einflüsse auf die Schwanzlänge bei neugeborenen Ferkeln unter Berücksichtigung von Häufigkeit und Grad von Wirbelanomalien. *Züchtungskunde*, Vol. 88, 4. ISSN 0044-5401. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 254-267.
- KUNZE, T., SCHOLZ, H., WÄHNER, M., 2016-B: Untersuchungen zur Ausprägung der Schwanzlänge bei neugeborenen Ferkeln. *REKASAN- Journal*. 23. Jahrgang. Heft 45/46. S. 75-77.
- KUNZE, T., SCHOLZ, H., WÄHNER, M., 2016-C: Variabilitäten in der Ausprägung der Schwanzlänge bei neugeborenen Ferkeln. Kurzfassung der Beiträge. 22. Mitteldeutscher Schweine-Workshop. Ferkelerzeugung: Züchtung- Fütterung- Tiergesundheit. Bernburg (Saale).
- KUNZE, T., WÄHNER, M., 2017: Novel aspects of the tail length in piglets considering to the occurrence of vertebral abnormalities. *Proceedings of the 11th International Symposium Modern Trends in Livestock Production*, October 11-13, 2017, Institute for Animal Husbandry, Belgrade-Zemun. ISBN: 978-86-82431-73-2. S. 178-188.
- LANDOIS, H., 1903: Kreuzungsergebnisse zwischen Wild- und Hausschwein im Westfälischen Zoologischen Garten zu Münster. Aus: NEUE ZOOLOGISCHE GESELLSCHAFT, 1903: *Der Zoologische Garten (Zoologischer Beobachter)*. Zeitschrift für Beobachtung, Pflege und Zucht der Tiere. Organ der Zoologischen Gärten Deutschlands. 44. Jahrgang, 7. Verlag von Mahlau & Waldschmidt. S. 220-227.
- LASSEN, J., SANDØE, P., FORKMAN, B., 2006: Happy pigs are dirty! – conflicting perspectives on animal welfare. *Livestock Science*, Vol. 103, 3. S. 221-230.
- LECHNER, M., 2016: Abstrakt Dipl. Ing. Mirjam Lechner – Schwanzbeißen und Stoffwechselstörungen. 15. Internationale Bioland und Naturland Schweinetagung.
- LIEBICH, H.-G. und KÖNIG, H.E., 2012: Skelett des Stammes (Skeleton axiale). Aus: König, H.E. und Liebich, H.-G., 2012: *Anatomie der Haussäugetiere: Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Schattauer GmbH. ISBN: 978-3-7945-2832-5. S. 48, 89-97.
- LIEBICH, H.-G., KÖNIG, H.E. und MAIERL, J., 2012-A: Hinter- oder Beckengliedmaßen (Membra pelvina). Aus: König, H.E. und Liebich, H.-G., 2012: *Anatomie der Haussäugetiere: Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis*. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Schattauer GmbH. ISBN: 978-3-7945-2832-5. S. 216, 234.

- LIEBICH, H.-G., MAIERL, J. und KÖNIG, H.E., 2012-B: Faszien und Muskeln des Kopfes und des Stammes. Aus: König, H.E. und Liebich, H.-G., 2012: Anatomie der Haussäugetiere: Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Schattauer GmbH. ISBN: 978-3-7945-2832-5. S. 139f.
- LINDERMAYER, H., PREIßINGER, W., PROPSTMEIER, G., 2011: Versuchsbericht VPS 14 – Anfütterung der säugenden Sauen. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, ITE 2 – Schweinefütterung.
- LOEFFLER, K. und GÄBEL, G., 2013-A: Anatomie und Physiologie der Haustiere. 13., überarbeitete Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. ISBN: 978-3-8001-2957-7. S. 89.
- LOEFFLER, K. und GÄBEL, G., 2013-B: Anatomie und Physiologie der Haustiere. 13., überarbeitete Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. ISBN: 978-3-8001-2957-7. S. 103.
- LYDEKKER, R., 1913: The sheep and its cousins. E.P. Outton and Co: New York.
- LYON, M.F., MEREDITH, R., 1964: The nature of t-alleles in the mouse. I. Genetic analysis of a series of mutants derived from a lethal allele. *Heredity*, Vol. 19. S. 301-312.
- LYTLE, C.F. und MEYER, J.R., 2010: Praktikum allgemeine Zoologie. 15., aktualisierte Auflage. Pearson Education Deutschland GmbH. ISBN: 978-3-86894-035-0. S. 366-369.
- MACHEBE, N.S. und EZEKWE, A.G., 2010: Predicting body weight of growing-finishing gilts raised in the tropics using linear body measurements. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, Vol. 11. S. 162-165.
- MASON, I.L., 1991: Classification and distribution of sheep breeds. In: Maijala, K., 1991: Genetic resources of pig, sheep and goat. Amsterdam, Elsevier. ISBN 978-0444882790. S. 179-194.
- MEYER, E., 2014: Untersuchungen zum Geburtsmanagement von Saugferkeln unter Berücksichtigung des Geburtsgewichtes.
- MEYER, E., 2015: Entwicklung der Körpermaße von Zuchtsauen – Konsequenzen für die Maße von Kastenständen. *Landtechnik*, Vol. 70, 1. S. 9-14.
- MICHIE, D., 1956: Genetical studies with “vestigial tail” mice. IV. The interaction of vestigial with Brachyury. *J. Genet.*, Vol. 54. S. 49-53.
- MILLIGAN, B.N., FRASER, D., KRAMER, D.L., 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*, Vol. 76, 1. S. 181-191.
- MINDRAY, 2017: DP-50, Ultrasound- System. URL: http://www.mindray.com/en/product/DP-50_GI.html. Gesehen am: 14.08.2017.

- MOLAPO, S.M., OKELLO - UMA., I., ODENYA, W.O., ADOKO, G.M., 2007: Effect of Three Indigenous Pig Breeds and Creep Feeding on Pre-Wearing Litter Performance. *Lesotho Journal of Agricultural Sciences Maiden Issue*, Vol. 1, 1.
- NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E., 2004-B: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band IV- Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen. Bearbeitet von Gerhard Böhme. 4., unveränderte Auflage. Parey- Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG. ISBN: 3-8304-4150-9. S. 32.
- NICKEL, R., SCHUMMER, A., WILLE, K.-H., WILKENS, H., 2004-A: *Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem*. Aus: Freiwein, J., Wille, K.-H., Wilkens, H.: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band I: Bewegungsapparat. 8. Auflage. Parey – Verlag. ISBN: 3-8304-4149-5.
- NODEN, D.M., DE LAHUNTA, A., 1985: *The Embryology of Domestic Animals: Developmental Mechanisms and Malformation*. Williams and Wilkins, Baltimore, London. S. 147.
- NORDBY, J.E., 1934: Kinky Tail in Swine. *J. Heredity*, Vol. 25. S.171-174.
- OBSCHERNICAT, P., 2013: TAIL FAULTS- basic information. *The EUROPEAN RIDGEBACK*, WINTER ISSUE. S.74-81.
- OLUWOLE, O.O. und OMITOGUN, O.G., 2016: Post Weaning Morphology and Growth traits of Nigerian Indigenous Pig and Crossbred Pigs. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research*, Vol. 4, 1. Jan.-März. S. 1-17.
- O'RAHILLY, R., MÜLLER, F., 2001: *Human embryology and eratology*. 3. Auflage. Wiley-Liss, New York. S. 368.
- PAREDES, S.P., JANSMAN, A.J.M., VERSTEGEN, M.W.A., DEN HARTOG, L.A., VAN HEES, H.M.J., BOLHUIS, J.E., VAN KEMPEN, T.A.T.G., GERRITS, W.J.J., 2014: Identifying the limitations for growth in low performing piglets from birth until 10 weeks of age. *Animal*, Vol. 8, 6. S. 923-930.
- PASTORELLI, G., NEIL, M., WIGREN, I., 2009: Body composition and muscle glycogen contents of piglets of sows fed diets differing in fatty acids profile and contents. *Livestock Science*, Vol. 123, S. 329-334.
- RABE, C.J., 2009: *Katalogisierung von Phänotypen, Genotypen und Gentests molekulargenetisch charakterisierter Erbfehler beim Haushund (Canis familiaris)*. Inaugural-Dissertation der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- RÉDEI, G.P., 2008: *Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics, and Informatics*. 3. Edition. Springer-Verlag. ISBN: 978-1- 4020-6753-2.

- RENNEBECK, G., LADER, E., FUJIMOTO, A., LEI, E.P., ARTZT, K., 1998: Mouse Brachyury the Second (T2) Is a Gene Next to Classical T and a Candidate Gene for tct. *Genetics*, Nov., Vol. 150, 3. S. 1125-1131.
- RICHTLINIE 2008/120/EG DES RATES, 2008: RICHTLINIE 2008/120/EG DES RATES vom 18. Dezember 2008 über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.
- RITCHIL, C.H., HOSSAIN, M.M., BHUIYAN, A.K.F.H., 2014: Phenotypic and morphological characterization and reproduction attributes of native pigs in Bangladesh. *Animal Genetic Resources*, Vol. 54. S. 1-9.
- RÖHE, R., 1999: Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian Analyses. *J. Anim. Sci.*, Vol. 77, S. 330-343.
- RÖHRIG, S., SEIBEL, A., BREITKREUTZ, R., 2013: Respiratorisches Versagen in der Akut- und Intensivmedizin – Was kann die Lungensonographie leisten?. Übersichtsarbeit. Interdisziplinäre Beiträge zum Krankenhaus-Management. *CLINOTEL-Journal*.
- RUVINSKY, I., CHERTKOV, O., BORUE, X.V., AGULNIK, S.I., GIBSON-BROWN, J.J., LYLE, S.R., SILVER, L.M., 2002: Genetics analysis of mouse mutations *Abnormal feet and tail and rough coat*, which cause developmental abnormalities and alopecia. *Mamm. Genome*, Vol. 13. S. 675-679.
- RYLEY, J.W., MELVILLE, E.L., BARKER, J.S.F., 1955: Foetal maldevelopment in a litter of Large White pigs. *Queensland J. agric. Sci.*, Vol. 12. S. 61-68.
- SALOMON, F.-V., 2015-A: Allgemeine Anatomie der Haussäugetiere. Aus: Salomon, F.-V., Geyer, H. und Gille, U., 2015: *Anatomie für die Tiermedizin*. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG. ISBN: 978-3-8304-1288-5. S. 23.
- SALOMON, F.-V., 2015-B: Bewegungsapparat. Aus: Salomon, F.-V., Geyer, H. und Gille, U., 2015: *Anatomie für die Tiermedizin*. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG. ISBN: 978-3-8304-1288-5. S. 51-59.
- SCHÄFFER, D., 2014: Untersuchungen zum Schwanzbeißen in Praxisbetrieben. MSD Landwirte-Akademie in Mecklenburg-Vorpommern vom 18.06.2014.
- SCHLEGEL, W., WÄHNER, M., SCHWARZE, D., FINDEISEN, C., 1983: Untersuchungen zur Körpermasseentwicklung der Ferkel aus Würfen von pubertätsinduzierten Jungsauen. *Arch. Tierz.*, Berlin. Vol. 26, 2. S. 187-193.
- SCHNEIDER, Y., 2013: Einflussfaktoren auf das Schwanzbeißen bei Mastschweinen unter verschiedenen Umweltbedingungen. Dissertation. Freie Universität Berlin.

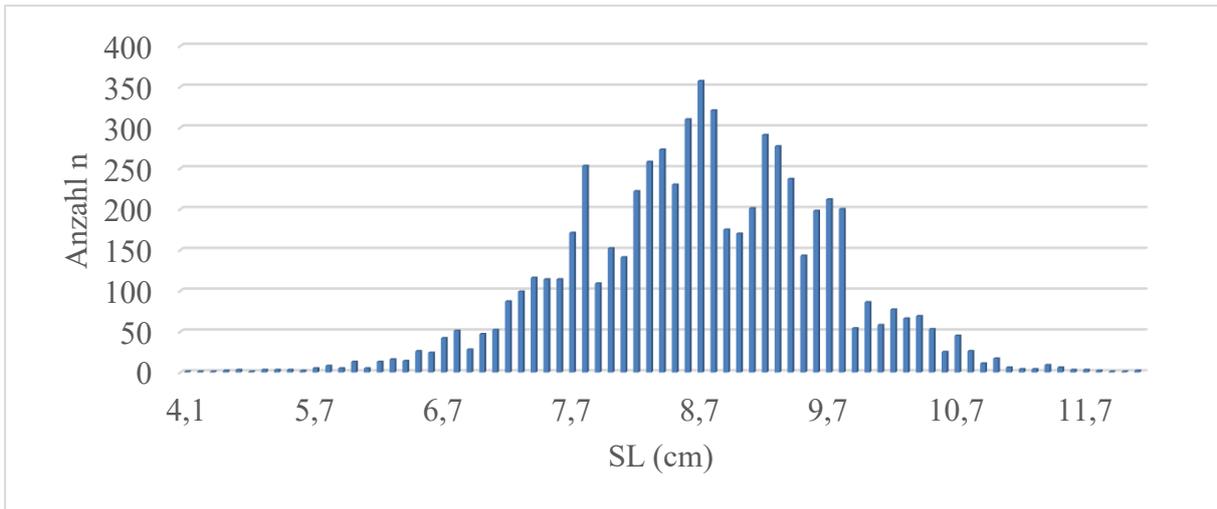
- SCHOLZ, C.B., TECHNAU, U., 2003: The ancestral role of Brachyury: expression of *NemBra1* in the basal cnidarian *Nematostella vectensis* (Anthozoa). *Dev Genes Evol.*, Jan. Vol. 212, 12. S. 563-570.
- SCHOLZ, T., 2016: Schwein. Aus: Landwirtschaftskammer Nordrhein – Westfalen, 2016: Jahresbericht Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse - 2015. S. 16, 29.
- SCOBIE, D.R. und O'CONNELL, D., 2002: Genetic reduction of tail length in New Zealand sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, Vol. 62. ISSN: 0370-2731/2002. S. 195-198.
- SEE, M.T., 1998: Genetic Abnormalities. Projekt-Publikation der NC State University. URL: https://projects.ncsu.edu/project/swine_extension/genetics/selection/abnormal.html, gesehen am: 17.07.2017.
- SEIFERLE, E. und FREIWEIN, J., 2004: Schwanzmuskeln. Aus: Freiwein, J., Wille, K.-H., Wilkens, H.: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I: Bewegungsapparat*. 8. Auflage. Parey – Verlag. ISBN: 3-8304-4149-5. S. 400-404.
- SHELTON, M., 1977: Studies on tail lengths of Rambouillet and Mouflon sheep. *The Journal of Heredity*, Vol. 68. S. 128-130.
- SJARMIDI, A., GERARD, J., 1988: Autour de la systematique et la distribution des suidés. *Monitore Zoologico Italiano*, Vol. 22. S. 415-448.
- ŠKORJANC, D., BRUS, M., ČANDEK-POTOKAR, M., 2007: Effect of Birth Weight and Sex on Pre-Weaning Growth Rate of Piglets. *Arch. Tierz., Dummerstorf*. Vol. 50, 5. S. 476-486.
- SONODA, L.T., FELS, M., OCZAK, M., VRANKEN, E., ISMAYILOVA, G., GUARINO, M., VIAZZI, S., BAHR, C., BERCKMANS, D., HARTUNG, J., 2013: Tail biting in pigs-causes and management intervention strategies to reduce the behavioural disorder. A review. *Berliner Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, Vol. 126. S. 104-112.
- SPURR, D.T., 1969: Some Genetic and Environmental Factors Affecting Performance and Carcass Measurements in Swine. Dissertation der Oregon State University. Nach: Donald, H. P., 1955. Controlled heterozygosity in livestock. *Proceedings of the Royal Society, Part B*, Vol. 144, S. 192-203.
- STALLJOHANN, G., PATZELT, S., 2011: Ferkelfütterung bei gestiegenen Leistungen!. *Versuchsberichte 2011*, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Fachbereich Schweinehaltung.
- SUNGIRAI, M., MASAKA, L., BENHURA T.M., 2014: Validity of Weight Estimation Models in Pigs Reared under Different Management Conditions. *Veterinary Medicine International*. Article ID 530469.

- TÄUBERT, H., EDING, H., HENNE, H., SIMIANER, H., 2003: Genetic parameters for litter traits derived from individual birth weight recordings. Annual Meeting of the EAAP, Rome, Italy, paper P2.3- Abstract.
- TAYLOR, N.R., MAIN, D.C.J., MENDEL, M., EDWARDS, S.A., 2009: Tail-biting: A new perspective. *The Vet. J.*, Vol. 186. S. 137-147.
- TER BEEK, V., 2016: Tail biting: still an enigma in pig science. *Pigprogress.net*. URL: http://www.pigprogress.net/Piglets/Articles/2016/3/No-tailor-made-solutions-for-pig-tail-biting-2770263W/?cmpid=NLC|pigprogress_focus|2016-03-04|Tail_biting:_still_an_enigma_in_pig_science. Gesehen am: 20.06.2017.
- VASDAL, G., 2007: The effect of ambient temperature on creep space allowance for lying piglets. Master Thesis. Norwegian University of Life Sciences, Department of Animal and Aquacultural Sciences.
- WAGNER, A., 1845: Bericht über die Leistungen in der Naturgeschichte der Säugethiere während des Jahres 1844. Aus: Erichson, W.F., 1845: *Archiv für Naturgeschichte*, Vol. 11, 2. In der Nicolai'schen Buchhandlung. S. 39.
- WALKER, P.K. und BILKEI, G., 2006: Tail-biting in outdoor pig production. *The Veterinary Journal*, Vol. 171. S. 367-369.
- WBA, 2015: Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL. Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin.
- WEHMEIER-GRAF, S., 2016: Ausstieg aus nicht kurativen Eingriffen bei Schweinen. Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt. URL: https://verbraucherschutz.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MS/LAV_Verbraucherschutz/veterinaermedizin/veranstaltungen/fachgespraech_fb4/fachgesprach2016/2016-12-08_Ausstieg_aus_nicht_kurativen_Eingriffen_bei_Schweinen.pdf. Gesehen am: 12.05.2017.
- WHITE, M., 2017: Pig Health-Piglet Tail Necrosis. NADIS- Animal Health Skills.
- WILSON, J.W., 1940: Development of the No Tail sheep. South Dakota Agriculture Experiment Station, Circular 28, Brookings, South Dakota.

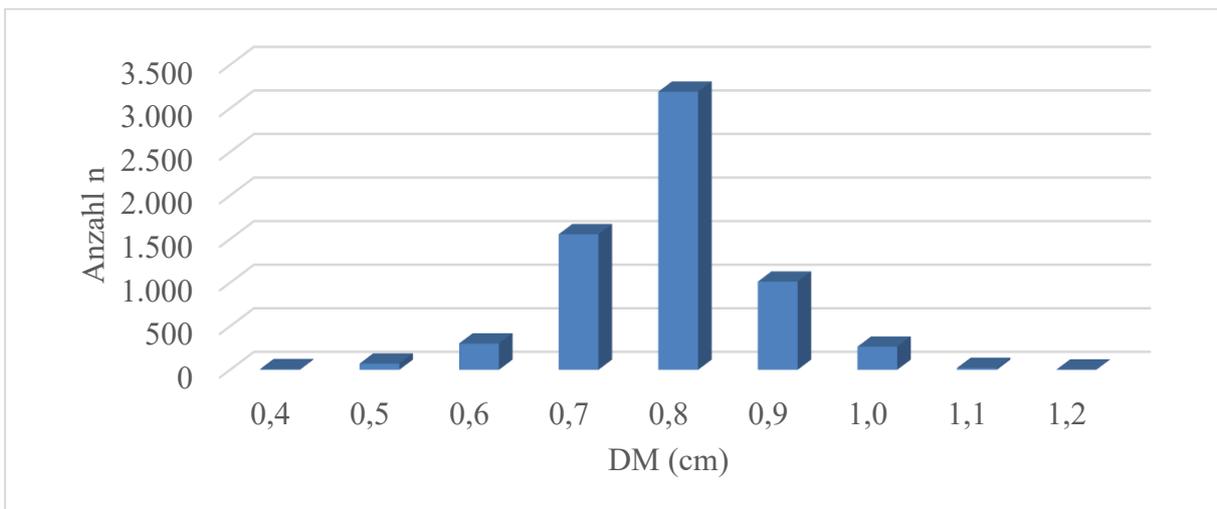
10 Anlagen

Anlage 1: Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel (n=6.428).....	129
Anlage 2: Verteilung des Durchmessers der Ferkel (n=6.428).....	129
Anlage 3: Verteilung der Körperlänge der Ferkel (n=6.428).....	129
Anlage 4: Verteilung des Gewichts der Ferkel (n=6.426).	130
Anlage 5: Verteilung der Wirbelanzahl der Ferkel (n=552).	130
Anlage 6: Anomalien der Ferkel nach BHZP- Schlüssel.....	130
Anlage 7: Verteilung des Auftretens der Wurfnummern der Sauen (n=581).	131
Anlage 8: Stufenweise Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel (n=6.428).	131
Anlage 9: Verteilung der tatsächlichen Abweichung der Schwanzlänge eines Einzeltiers von seinem Herkunftswurf (n=6.428).	132
Anlage 10: Verteilung der kürzesten Schwänze in einem Wurf.	132
Anlage 11: Verteilung der längsten Schwänze in einem Wurf.	132
Anlage 12: Modelle, Signifikanzen und AIC- Werte zum Zwecke der Berechnung der LSM ± SE (n=4.538).	133
Anlage 13: Kennzahlen bei extrem kurzen Schwanzlängen der Ferkel von bis 6,71 cm.	133
Anlage 14: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfnummer.....	134
Anlage 15: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (1).	134
Anlage 16: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (2).	135
Anlage 17: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der gruppierten Wurfnummer.....	136
Anlage 18: Beispiele von Würfen mit geringen Spannweiten bei geringen mittleren Schwanzlängen im Wurf mit dazugehörigen Kennzahlen (n=7).	136
Anlage 19: Körpermerkmale in beispielhaften Würfen mit geringen Spannweiten bei geringen mittleren Schwanzlängen in einem Wurf (n=7).	136
Anlage 20: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF).	137
Anlage 21: Körpermerkmale des Herkunftswurfes in Abhängigkeit der Wurfgröße (igF). ..	137
Anlage 22: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (lgF).	138
Anlage 23: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit vom Geschlecht.	139
Anlage 24: Anteil lebender und toter Ferkel bei unterschiedlicher Schwanzform.	139

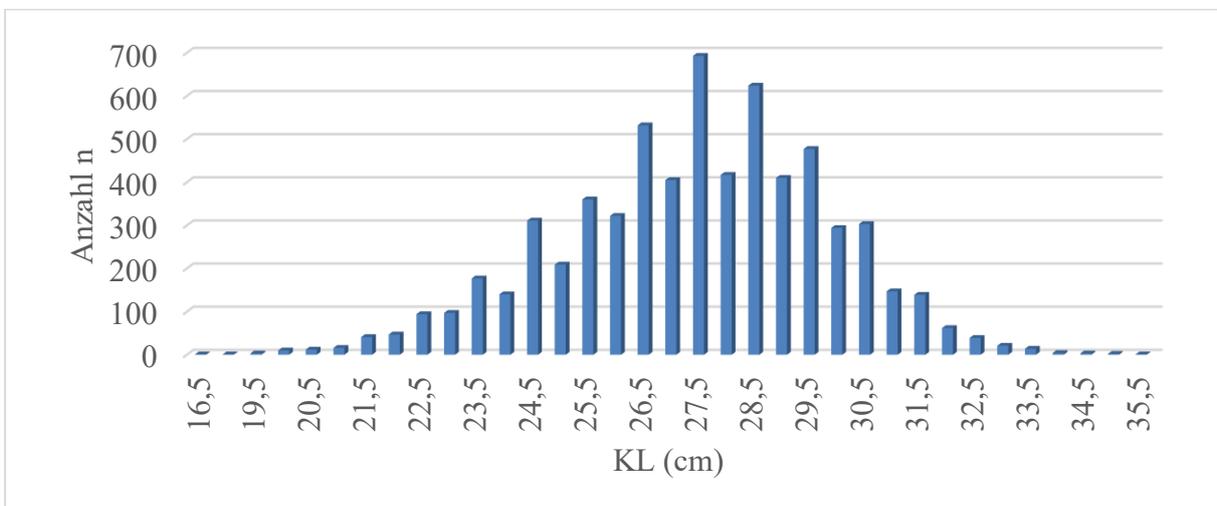
Anlage 25: Kennzahlen der Ferkel in Abhängigkeit vom Auftreten einer Schwanzanomalie.	140
Anlage 26: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie (n=6.428).....	140
Anlage 27: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie.	141
Anlage 28: Tatsächliche und Absolutbetrag der Abweichung der Schwanzlänge eines Ferkels von seinem Herkunftswurf in Abhängigkeit vom Auftreten und der Klasse einer Schwanzanomalie.....	142
Anlage 29: Schwanzwirbelanzahl der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie (n=552).....	142
Anlage 30: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge der Ferkel.	143
Anlage 31: Merkmale der eingesetzten Eber zu deren Geburt (n=6).....	143
Anlage 32: Durchmesser, Körperlänge und Gewicht der Kreuzungsferkel in Abhängigkeit vom eingesetzten Eber (n=822).....	144
Anlage 33: Schwanzlänge der Kreuzungsferkel aller eingesetzten Eber in Abhängigkeit von der Schwanzform (n=822).....	145
Anlage 34: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „87814“ (n=170).....	145
Anlage 35: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „64296“ (n=145).....	145
Anlage 36: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „98864“ (n=141).....	145
Anlage 37: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „28753“ (n=23).....	146
Anlage 38: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „77999“ (n=206).....	146



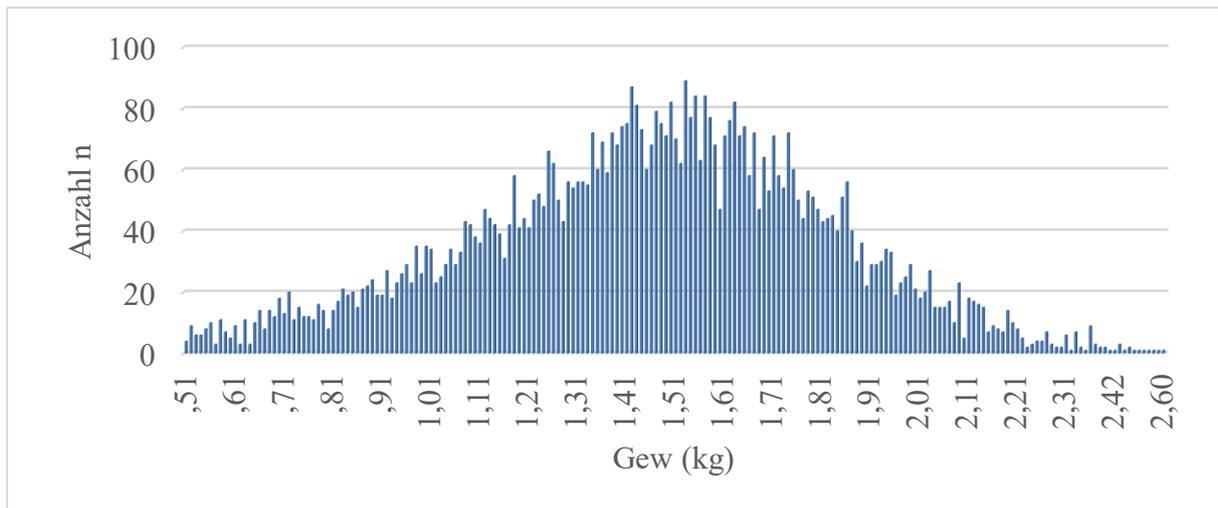
Anlage 1: Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel (n=6.428).



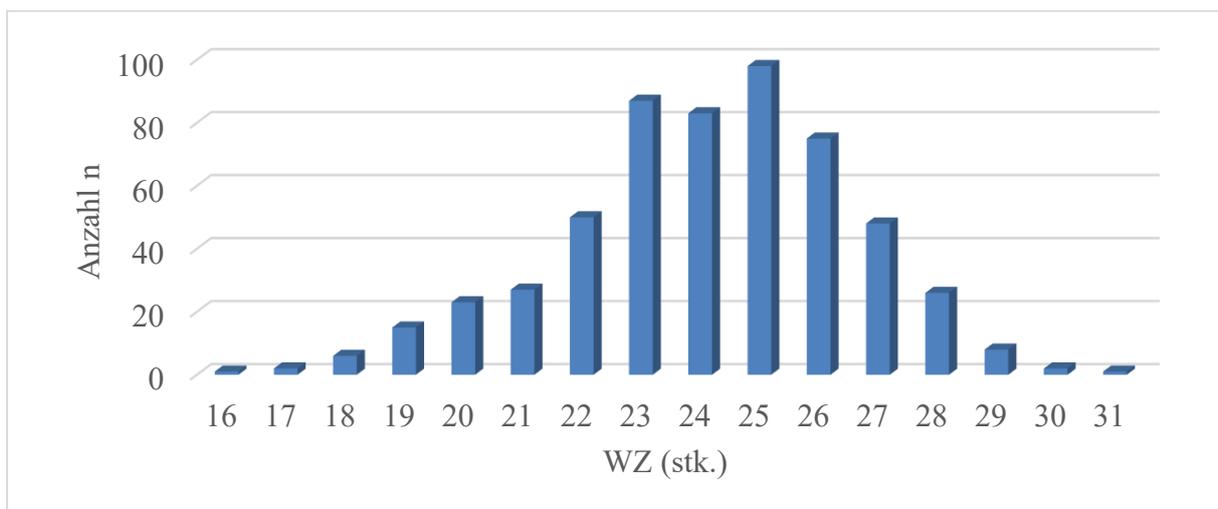
Anlage 2: Verteilung des Durchmessers der Ferkel (n=6.428)..



Anlage 3: Verteilung der Körperlänge der Ferkel (n=6.428).



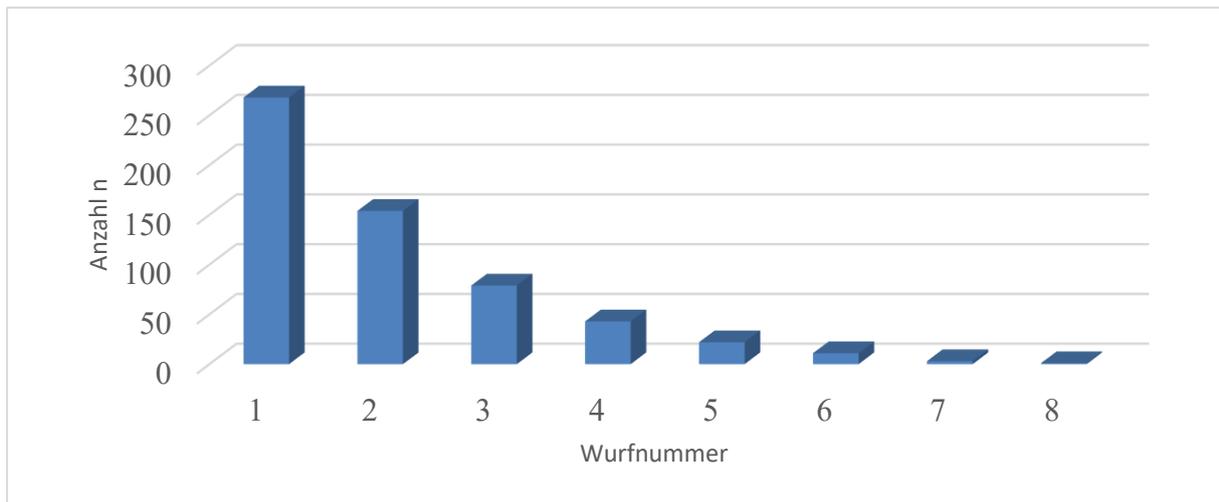
Anlage 4: Verteilung des Gewichts der Ferkel (n=6.426).



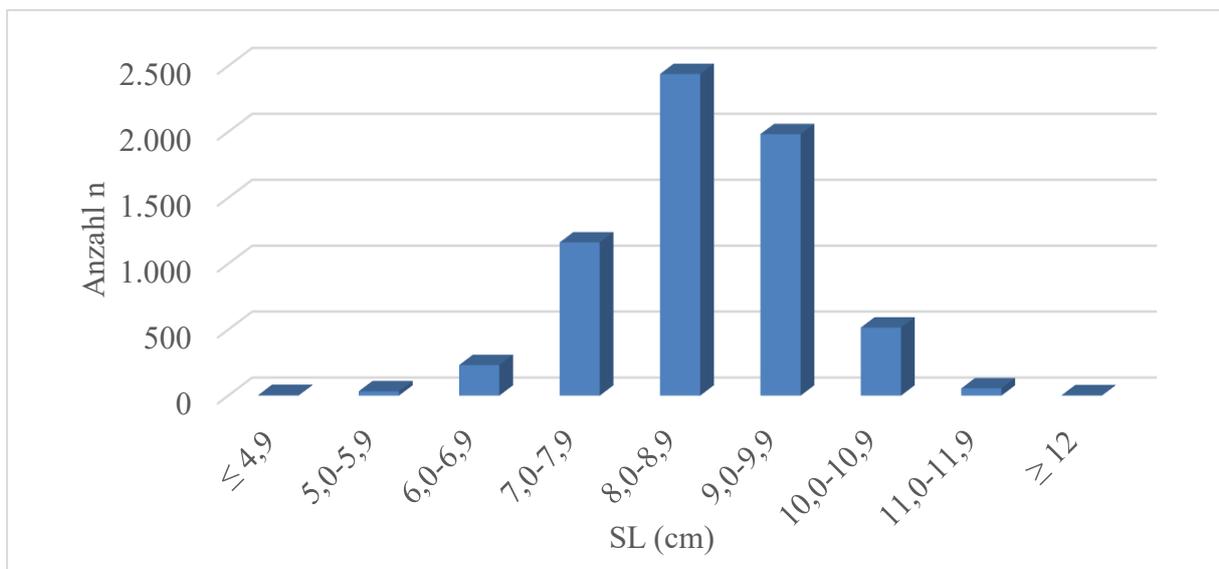
Anlage 5: Verteilung der Wirbelanzahl der Ferkel (n=552).

Anlage 6: Anomalien der Ferkel nach BHZP- Schlüssel.

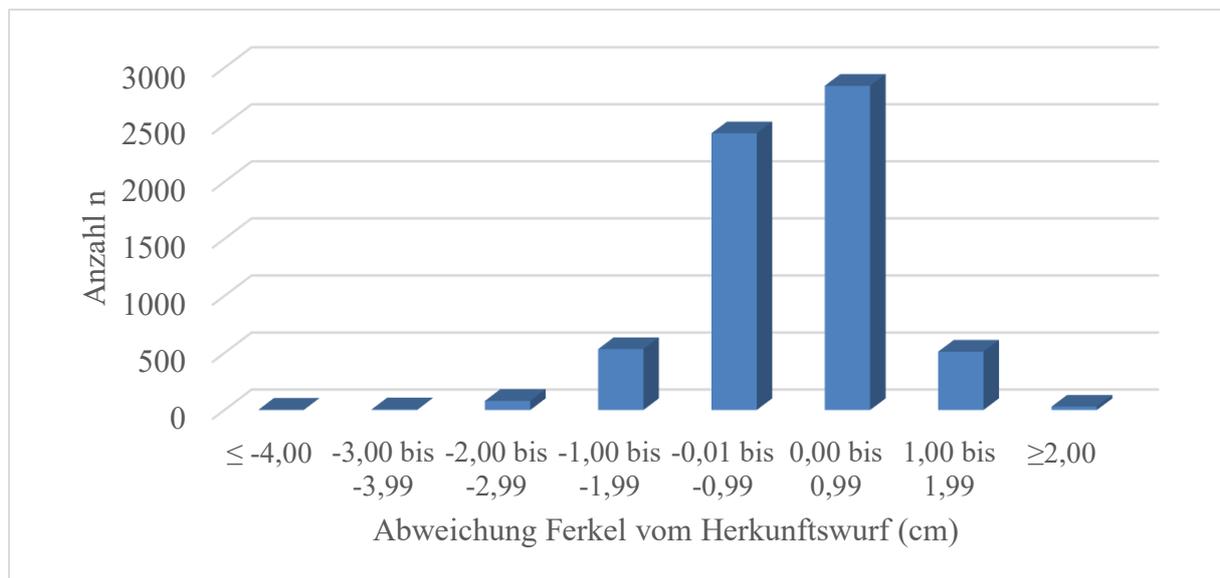
Besonderheiten	n	% Gesamtbestand	% Besonderheiten
Afterlos	7	0,11	3,1
Hoden/ Leistenbruch	3	0,05	1,3
Binneneber	25	0,39	10,9
Zwitter	3	0,05	1,3
Mißbildungen	18	0,28	7,9
Grätscher/ Spreizer	164	2,55	71,6
Zitterer	9	0,14	3,9
Gesamt	229		



Anlage 7: Verteilung des Auftretens der Wurfnummern der Sauen (n=581).



Anlage 8: Stufenweise Verteilung der Schwanzlänge der Ferkel (n=6.428).



Anlage 9: Verteilung der tatsächlichen Abweichung der Schwanzlänge eines Einzeltiers von seinem Herkunftswurf (n=6.428).

Anlage 10: Verteilung der kürzesten Schwänze in einem Wurf.

Kürzeste SL im Wurf (cm)	n (=581)	%	% kum.
$\leq 4,99$	5	0,86	0,86
5,00 - 5,99	30	5,16	6,02
6,00 - 6,99	133	22,89	28,92
7,00 - 7,99	259	44,58	73,49
8,00 - 8,99	129	22,20	95,70
9,00 - 9,99	24	4,13	99,83
$\geq 10,00$	1	0,17	100,00

Anlage 11: Verteilung der längsten Schwänze in einem Wurf.

Längste SL im Wurf (cm)	n (=581)	%	% kum.
$\leq 8,99$	41	7,06	7,06
9,00 - 9,99	295	50,77	57,83
10,00 - 10,99	201	34,60	92,43
11,00 - 11,99	41	7,06	99,48
$\geq 12,00$	3	0,52	100,00

Anlage 12: Modelle, Signifikanzen und AIC- Werte zum Zwecke der Berechnung der LSM \pm SE (n=4.538).

Kennzahl	Variable	Art der Variable	Signifikanz	AIC
SL	WNR_Kl	Fix	p=0,0879	9.241,8
	MZP	Fix	p<0,001	
	Ano._Kl	Fix	p<0,001	
	KL	Kovvariable	p<0,001	
DM	WNR_Kl	Fix	p<0,001	-11.368,0
	MZP	Fix	p<0,001	
	Gew	Kovvariable	p<0,001	
KL	WNR_Kl	Fix	p=0,3069	16.007,1
	MZP	Fix	p<0,001	
	Gew	Kovvariable	p<0,001	
Gew	WNR_Kl	Fix	p<0,001	-1.406,8
	MZP	Fix	p<0,001	
	Sex	Fix	p=0,027	
	KL	Kovvariable	p<0,001	
Ano. j/n	WNR_Kl	Fix	p=0,002	1,0
	MZP	Fix	p<0,001	
	SL	Kovvariable	p<0,001	

Anlage 13: Kennzahlen bei extrem kurzen Schwanzlängen der Ferkel von bis 6,71 cm.

Kennzahl	n	MW	\pm s	Min	Max
SL (cm)	191	6,26	0,49	4,10	6,70
DM (cm)	191	0,64	0,10	0,40	0,90
KL (cm)	191	23,60	2,10	19,50	32,00
Gew (kg)	191	0,87	0,30	0,51	2,14
WZ (Stk.)	69	21,42	2,43	16	28

Anlage 14: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfnummer.

Kennzahl	WNr	n	MW	± s	Min	Max
Gew (kg)	1	2.937	1,39	0,33	0,51	2,45
	2	1.617	1,55	0,36	0,51	2,60
	3	895	1,53	0,37	0,52	2,55
	4	509	1,53	0,37	0,54	2,35
	5	277	1,44	0,41	0,53	2,50
	6	139	1,31	0,35	0,56	2,20
	7	38	1,35	0,36	0,52	2,17
	8	14	1,25	0,26	0,84	1,61
	Gesamt	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60
WZ (Stk.)	1	218	24,23	2,49	17	31
	2	166	24,23	2,24	18	30
	3	89	23,98	2,36	17	30
	4	43	23,74	2,33	19	27
	5	15	23,47	2,72	19	28
	6	21	23,76	3,08	16	29
	7	0	-	-	-	-
	8	0	-	-	-	-
	Gesamt	552	24,11	2,41	16	31

Anlage 15: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (1).

SL in einem Wurf	WNr	n	MW	± s	Min	Max
Durchschnitt (cm)	1	268	8,63	0,60	7,33	10,27
	2	154	8,84	0,59	7,63	10,41
	3	79	8,80	0,62	7,58	10,03
	4	43	8,92	0,74	7,44	10,48
	5	22	8,66	0,64	7,42	10,53
	6	11	8,48	0,39	7,74	9,16
	7	3	8,94	0,38	8,63	9,36
	8	1	8,62	-	8,62	8,62
	Gesamt	581	8,73	0,62	7,33	10,53

Anlage 16: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (2).

SL in einem Wurf	WNr	n	MW	± s	Min	Max
Kürzeste SL (cm)	1	268	7,30	0,87	4,70	9,70
	2	154	7,54	0,90	4,80	9,40
	3	79	7,40	0,90	5,20	9,20
	4	43	7,61	0,96	6,00	9,70
	5	22	7,52	0,98	5,60	10,20
	6	11	6,24	1,16	4,10	7,50
	7	3	7,50	0,90	6,60	8,40
	8	1	7,40	-	7,40	7,40
	Gesamt	581	7,39	0,92	4,10	10,20
Längste SL (cm)	1	268	9,84	0,72	8,30	12,50
	2	154	9,95	0,64	8,60	11,50
	3	79	9,94	0,74	8,60	12,00
	4	43	10,09	0,80	8,30	11,70
	5	22	9,84	0,63	8,60	11,10
	6	11	9,60	0,50	8,80	10,70
	7	3	10,60	0,53	10,00	11,00
	8	1	9,90	-	9,90	9,90
	Gesamt	581	9,90	0,70	8,30	12,50
Spannweite (cm)	1	268	2,54	0,81	0,70	5,20
	2	154	2,41	0,88	0,00	6,00
	3	79	2,54	0,93	0,70	4,70
	4	43	2,47	0,78	1,00	3,90
	5	22	2,32	0,80	0,90	4,10
	6	11	3,36	1,47	1,80	6,60
	7	3	3,10	0,95	2,50	4,20
	8	1	2,50	-	2,50	2,50
	Gesamt	581	2,51	0,86	0,00	6,60

Anlage 17: Kennzahlen der Schwanzlänge in einem Wurf in Abhängigkeit von der gruppierten Wurfnummer.

SL in einem Wurf	WNR	n	MW	± s	Min	Max
Kürzeste SL (cm)	1	268	7,30 ^a	0,87	4,70	9,70
	≥ 2	313	7,47 ^b	0,95	4,10	10,20
	Gesamt	581	7,39	0,92	4,10	10,20
Längste SL (cm)	1	268	9,84 ^a	0,72	8,30	12,50
	≥ 2	313	9,95 ^b	0,69	8,30	12,00
	Gesamt	581	9,90	0,70	8,30	12,50

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 18: Beispiele von Würfen mit geringen Spannweiten bei geringen mittleren Schwanzlängen im Wurf mit dazugehörigen Kennzahlen (n=7).

Bereich/ Spann- weite	Eber	Sau	WNR	igF	lgF	SL im Wurf Ø (cm)	Spann- weite (cm)	Kürzester im Wurf (cm)	Längster im Wurf (cm)
-1s/	99877	5268	1	10	10	7,96	1,00	7,50	8,50
0-1 cm									
-2s/	22574	5111	1	10	7	7,43	1,90	6,50	8,40
1-2 cm	29432	5192	1	11	8	7,49	1,80	6,60	8,40
-2s/	65749	5294	1	15	11	7,36	2,80	5,80	8,60
2-3 cm	64927	406	5	14	13	7,42	2,80	5,80	8,60
	66598	506	4	14	13	7,44	2,70	6,30	9,00
	78125	5260	1	10	10	7,48	2,80	6,10	8,90

Anlage 19: Körpermerkmale in beispielhaften Würfen mit geringen Spannweiten bei geringen mittleren Schwanzlängen in einem Wurf (n=7).

Eber	Sau	WNR	n _{Ferkel}	DM (cm)	KL (cm)	Gew (kg)	Anomalien
99877	5268	1	10	0,7	25,05	1,14	2x Klasse I
22574	5111	1	10	0,7	26,85	1,24	-
29432	5192	1	11	0,7	25,14	1,10	1x Klasse II
65749	5294	1	15	0,7	24,37	1,04	-
64927	406	5	14	0,7	24,64	1,12	1x Klasse III
66598	506	4	14	0,7	24,57	1,09	2x Klasse I
78125	5260	1	10	0,7	25,60	1,24	1x Klasse III

Anlage 20: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (igF).

Kennzahl	igF	n	MW	± s	Min	Max
DM (cm)	≤ 10	1.817	0,81 ^a	0,09	0,40	1,20
	11-13	2.785	0,79 ^b	0,09	0,40	1,20
	≥ 14	1.826	0,77 ^c	0,09	0,40	1,10
	Gesamt	6.428	0,79	0,09	0,40	1,20
KL (cm)	≤ 10	1.817	28,08 ^a	2,26	16,50	35,00
	11-13	2.785	27,29 ^b	2,33	17,50	34,50
	≥ 14	1.826	27,00 ^c	2,50	19,50	35,50
	Gesamt	6.428	27,43	2,40	16,50	35,50
Gew (kg)	≤ 10	1.817	1,58 ^a	0,36	0,52	2,56
	11-13	2.783	1,44 ^b	0,34	0,51	2,60
	≥ 14	1.826	1,36 ^c	0,36	0,51	2,55
	Gesamt	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60
WZ (Stk.)	≤ 10	166	24,07	2,52	16	30
	11-13	237	24,21	2,33	17	31
	≥ 14	149	24,01	2,43	17	29
	Gesamt	552	24,11	2,41	16	31

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 21: Körpermerkmale des Herkunftswurfes in Abhängigkeit der Wurfgröße (igF).

SL in einem Wurf	igF	n	MW	± s	Min	Max
Kürzeste SL (cm)	≤ 10	223	7,69 ^a	0,96	4,10	10,20
	11-13	235	7,30 ^b	0,79	4,80	9,30
	≥ 14	123	6,99 ^c	0,88	4,30	9,10
	Gesamt	581	7,39	0,92	4,10	10,20
Längste SL (cm)	≤ 10	223	9,90	0,70	8,30	11,80
	11-13	235	9,88	0,69	8,40	12,50
	≥ 14	123	9,94	0,75	8,30	12,50
	Gesamt	581	9,90	0,70	8,30	12,50

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 22: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Wurfgröße (lgF).

Kennzahl	lgF	n	MW	± s	Min	Max
SL (cm)	≤ 9	1.985	8,82 ^a	1,00	4,10	12,50
	10-12	2.938	8,68 ^b	0,96	4,80	12,50
	≥ 13	1.505	8,55 ^c	1,01	4,30	11,60
	Gesamt	6.428	8,69	0,99	4,10	12,50
DM (cm)	≤ 9	1.985	0,80 ^a	0,09	0,40	1,10
	10-12	2.938	0,78 ^b	0,09	0,40	1,20
	≥ 13	1.505	0,78 ^b	0,10	0,40	1,10
	Gesamt	6.428	0,79	0,09	0,40	1,20
KL (cm)	≤ 9	1.985	28,03 ^a	2,30	16,50	35,00
	10-12	2.938	27,30 ^b	2,37	17,50	35,00
	≥ 13	1.505	26,90 ^c	2,40	19,50	35,50
	Gesamt	6.428	27,43	2,40	16,50	35,50
Gew (kg)	≤ 9	1.985	1,55 ^a	0,36	0,52	2,56
	10-12	2.936	1,44 ^b	0,35	0,51	2,60
	≥ 13	1.505	1,37 ^c	0,35	0,51	2,38
	Gesamt	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60
WZ (Stk.)	≤ 9	173	23,91	2,56	16	30
	10-12	251	24,29	2,32	18	30
	≥ 13	128	24,04	2,39	17	31
	Gesamt	552	24,11	2,41	16	31

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 23: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit vom Geschlecht.

Kennzahl	Geschlecht	n (=6.428)	MW	± s	Min	Max
DM (cm)	m	3.300	0,79 ^a	0,09	0,40	1,20
	w	3.128	0,78 ^b	0,10	0,40	1,20
KL (cm)	m	3.300	27,55 ^a	2,39	16,50	35,50
	w	3.128	27,30 ^b	2,40	19,50	34,50
Gew (kg)	m	3.298	1,48 ^a	0,36	0,51	2,60
	w	3.128	1,44 ^b	0,36	0,51	2,56
WZ (Stk.)	m	293	24,12	2,35	16	30
	w	259	24,10	2,49	17	31
Abweichung der SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	m	3.300	-0,01	0,78	-4,54	2,75
	w	3.128	0,01	0,78	-3,39	2,99
Absolutbetrag der Abweichung der SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	m	3.300	0,61	0,49	0,00	4,54
	w	3.128	0,61	0,49	0,00	3,39

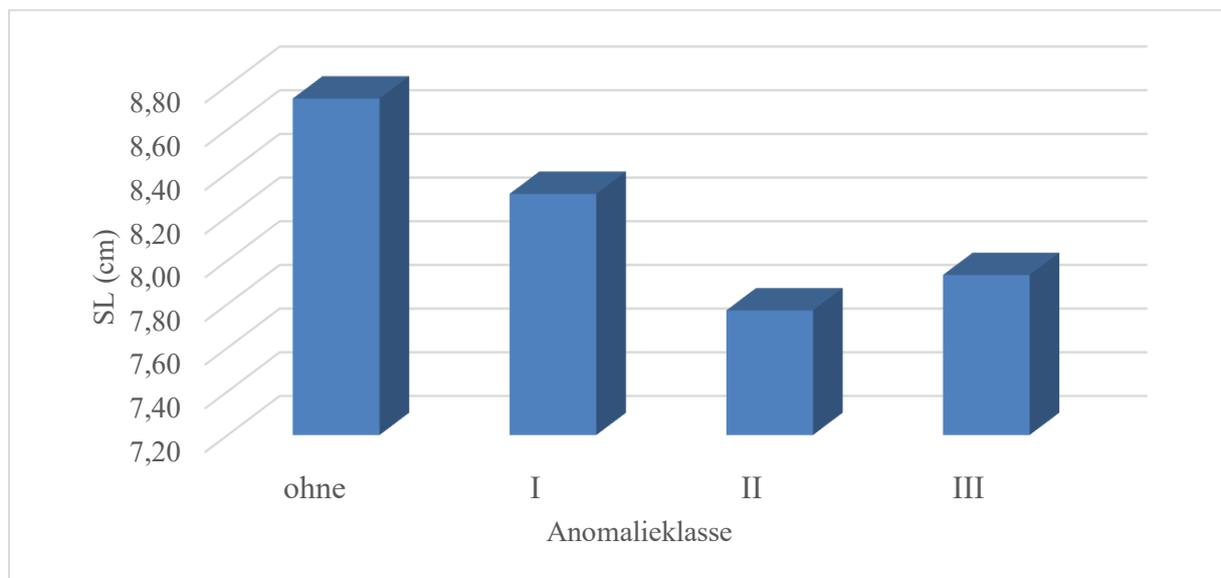
^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 24: Anteil lebender und toter Ferkel bei unterschiedlicher Schwanzform.

Anomalie	n_{Gesamt}	lebend		tot	
		n	%	n	%
0/ ohne	5.974	5.364	89,79	610	10,21
Klasse I	185	180	97,30	5	2,70
Klasse II	65	59	90,77	6	9,23
Klasse III	204	187	91,67	17	8,33
Gesamt	6.428	5.790	90,07	638	9,93

Anlage 25: Kennzahlen der Ferkel in Abhängigkeit vom Auftreten einer Schwanzanomalie.

Kennzahl	Anomalie	n (=6.428)	MW	± s	Min	Max
DM (cm)	0/ ohne	5.974	0,79	0,09	0,40	1,20
	mit	454	0,79	0,09	0,50	1,10
KL (cm)	0/ ohne	5.974	27,43	2,39	17,50	35,50
	mit	454	27,47	2,47	16,50	33,50
Gew (kg)	0/ ohne	5.972	1,46	0,36	0,51	2,60
	mit	454	1,48	0,37	0,54	2,36



Anlage 26: Schwanzlänge der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie (n=6.428).

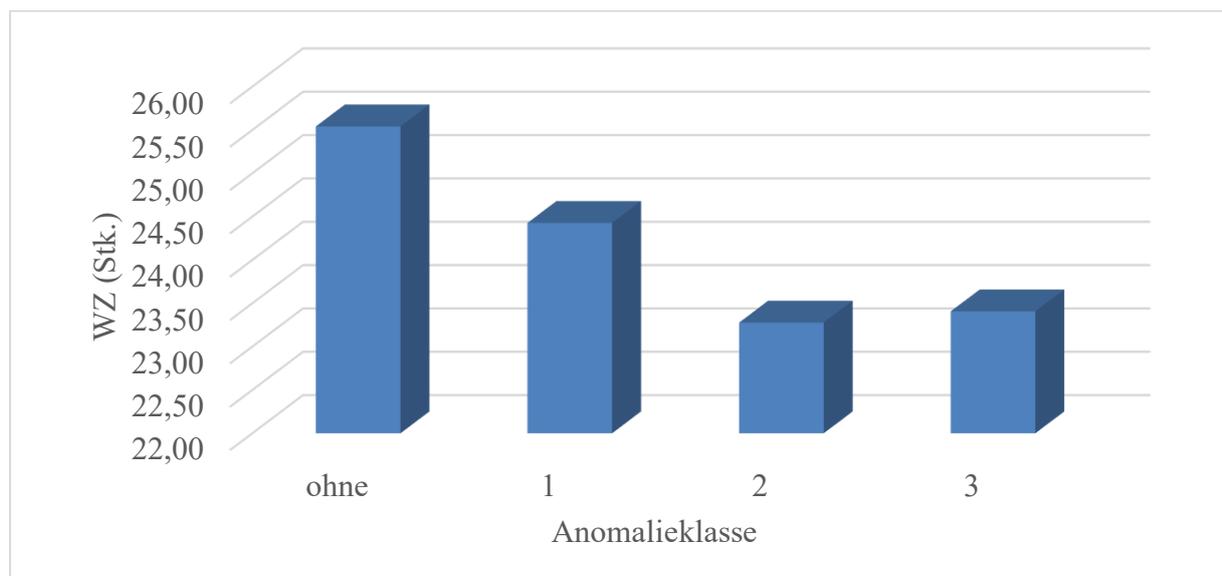
Anlage 27: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie.

Kennzahl	Anomalie	n	MW	± s	Min	Max
DM (cm)	0/ ohne	5.974	0,79	0,09	0,40	1,20
	Klasse I	185	0,80	0,09	0,50	1,10
	Klasse II	65	0,77	0,10	0,50	1,00
	Klasse III	204	0,79	0,09	0,50	1,00
	Gesamt	6.428	0,79	0,09	0,40	1,20
KL (cm)	0/ ohne	5.974	27,43	2,39	17,50	35,50
	Klasse I	185	27,52	2,53	16,50	33,00
	Klasse II	65	26,91	2,42	20,50	31,50
	Klasse III	204	27,60	2,42	21,50	33,50
	Gesamt	6.428	27,43	2,40	16,50	35,50
Gew (kg)	0/ ohne	5.972	1,46	0,36	0,51	2,60
	Klasse I	185	1,49	0,35	0,55	2,34
	Klasse II	65	1,38	0,38	0,54	2,19
	Klasse III	204	1,49	0,37	0,72	2,36
	Gesamt	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60

Anlage 28: Tatsächliche und Absolutbetrag der Abweichung der Schwanzlänge eines Ferkels von seinem Herkunftswurf in Abhängigkeit vom Auftreten und der Klasse einer Schwanzanomalie.

Kennzahl	Anomalie	n	MW	± s	Min	Max
Abweichung SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	0/ ohne	5.974	0,03 ^{A,a}	0,76	-3,16	2,99
	Mit/ Klasse I-III	454	-0,46 ^B	0,96	-4,54	1,81
	Klasse I	185	-0,27 ^b	0,90	-3,71	1,60
	Klasse II	65	-0,70 ^{b,c}	1,19	-4,54	1,31
	Klasse III	204	-0,55 ^c	0,91	-2,71	1,81
	Gesamt	6.428	0,00	0,78	-4,54	2,99
Absolutbetrag der Abweichung der SL eines Ferkels von seinem Wurf (cm)	0/ ohne	5.974	0,60 ^{A,a}	0,47	0,00	3,16
	Mit/ Klasse I-III	454	0,77 ^B	0,73	0,00	4,54
	Klasse I	185	0,68 ^{a,b}	0,65	0,00	3,71
	Klasse II	65	0,93 ^{a,b}	1,02	0,01	4,54
	Klasse III	204	0,81 ^b	0,69	0,00	2,71
	Gesamt	6.428	0,61	0,49	0,00	4,54

^{A,B,a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.



Anlage 29: Schwanzwirbelanzahl der Ferkel in Abhängigkeit von der Klasse der Schwanzanomalie (n=552).

Anlage 30: Körpermerkmale der Ferkel in Abhängigkeit von der Schwanzlänge der Ferkel.

Kennzahl	SL (cm)	n	MW	± s	Min	Max
WZ (Stk.)	< 8,19	247	22,87 ^a	2,38	16	28
	8,19 < 9,19	203	24,78 ^b	1,87	19	30
	≥ 9,19	102	25,79 ^c	1,85	22	31
	Gesamt	552	24,11	2,41	16	31
SL (cm)	< 8,19	1.725	7,46 ^a	0,56	4,10	8,10
	8,19 < 9,19	2.517	8,63 ^b	0,27	8,20	9,10
	≥ 9,19	2.186	9,74 ^c	0,50	9,20	12,50
	Gesamt	6.428	8,69	0,99	4,10	12,50
DM (cm)	< 8,19	1.725	0,71 ^a	0,09	0,40	1,00
	8,19 < 9,19	2.517	0,79 ^b	0,07	0,50	1,10
	≥ 9,19	2.186	0,84 ^c	0,08	0,40	1,20
	Gesamt	6.428	0,79	0,09	0,40	1,20
KL (cm)	< 8,19	1.725	25,28 ^a	2,17	17,50	33,00
	8,19 < 9,19	2.517	27,49 ^b	1,79	16,50	33,00
	≥ 9,19	2.186	29,06 ^c	1,77	20,50	35,50
	Gesamt	6.428	27,43	2,40	16,50	35,50
Gew (kg)	< 8,19	1.725	1,13 ^a	0,32	0,51	2,20
	8,19 < 9,19	2.517	1,47 ^b	0,27	0,52	2,43
	≥ 9,19	2.184	1,71 ^c	0,27	0,75	2,60
	Gesamt	6.426	1,46	0,36	0,51	2,60

^{a,b,c} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 31: Merkmale der eingesetzten Eber zu deren Geburt (n=6).

Eber	RZW	RZW- SL	RZW- Rank	SL (cm)	DM (cm)	KL (cm)	Gew (kg)	Anomalie- Klasse	WZ (Stk.)
87814	129	1	8,5	0,8	30,5	2,02	0		
64296	124	2	8,2	0,8	29,0	1,58	0		
98864	122	3	7,8	0,7	27,0	1,34	0		
28753	99	4	9,8	0,9	30,5	2,18	0		
77999	97	5	9,7	1,0	31,0	1,94	0		
78582	77	6	9,3	0,9	29,5	1,57	III	27	

Anlage 32: Durchmesser, Körperlänge und Gewicht der Kreuzungsferkel in Abhängigkeit vom eingesetzten Eber (n=822).

Kennzahl	Eber	n	MW	± s	Min	Max
DM (cm)	87814	170	0,76	0,09	0,50	1,00
	64296	145	0,76	0,09	0,50	1,00
	98864	141	0,75	0,07	0,60	1,00
	28753	23	0,78	0,07	0,70	1,00
	77999	206	0,77	0,44	0,50	1,00
	78582	137	0,80	0,08	0,60	1,00
	Gesamt	822	0,77	0,23	0,50	1,00
KL (cm)	87814	170	27,67 ^a	2,17	21,00	32,00
	64296	145	27,17 ^a	2,30	20,50	32,50
	98864	141	27,57 ^a	2,26	22,00	32,00
	28753	23	29,07 ^b	1,63	24,50	31,50
	77999	206	27,29 ^a	2,30	20,00	33,00
	78582	137	28,39 ^b	2,23	23,50	32,50
	Gesamt	822	27,63	2,28	20,00	33,00
Gew (kg)	87814	170	1,63 ^{b,c}	0,43	0,68	2,70
	64296	145	1,56 ^{a,b}	0,42	0,68	2,92
	98864	141	1,52 ^a	0,36	0,78	2,30
	28753	23	2,11 ^d	0,44	1,32	2,88
	77999	206	1,50 ^a	0,37	0,54	2,76
	78582	137	1,71 ^c	0,39	0,86	2,70
	Gesamt	822	1,59	0,41	0,54	2,92

^{a,b,c,d} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 33: Schwanzlänge der Kreuzungsferkel aller eingesetzten Eber in Abhängigkeit von der Schwanzform (n=822).

Anomalie- Klasse	n	SL der Ferkel (cm)			
		MW	± s	Min	Max
0	776	8,67 ^a	0,91	6,00	11,70
I	21	8,07 ^b	1,14	5,50	9,80
II	5	8,58 ^{a,b}	0,89	7,50	9,80
III	20	8,02 ^b	1,13	5,00	10,00
Gesamt	822	8,64	0,93	5,00	11,70

^{a,b} signifikant bei $p \leq 0,05$.

Anlage 34: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „87814“ (n=170).

Klasse	n	%	% kum.
0	161	94,71	94,71
I	3	1,76	96,47
II	2	1,18	97,65
III	4	2,35	100,00
Gesamt	170	100,00	

Anlage 35: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „64296“ (n=145).

Klasse	n	%	% kum.
0	137	94,48	94,48
I	6	4,14	98,62
II	0	0,00	98,62
III	2	1,38	100,00
Gesamt	145	100,00	

Anlage 36: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „98864“ (n=141).

Klasse	n	%	% kum.
0	138	97,87	97,87
I	2	1,42	99,29
II	0	0,00	99,29
III	1	0,71	100,00
Gesamt	141	100,00	

Anlage 37: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „28753“ (n=23).

Klasse	n	%	% kum.
0	22	95,65	95,65
I	0	0,00	95,65
II	0	0,00	95,65
III	1	4,35	100,00
Gesamt	23	100,00	

Anlage 38: Verteilung der Schwanzform der Ferkel von Eber „77999“ (n=206).

Klasse	n	%	% kum.
0	195	94,66	94,66
I	5	2,43	97,09
II	0	0,00	97,09
III	6	2,91	100,00
Gesamt	206	100,00	

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank aussprechen für die erhaltene Unterstützung bei der Umsetzung dieses Projekts und der Anfertigung dieser Dissertation.

Danke, Herr Prof. Dr. Wähler, für Ihren Einsatz bei der Betreuung dieser Arbeit bis zu ihrer Fertigstellung. Neben dem Zutun beim Initiieren des Projekts möchte ich besonders auch das Finden von Lösungen, vor allem in schwierigen Situationen sowie die Steuerung der Verantwortungsübergabe zur richtigen Zeit hervorheben. Mit konstruktiver Kritik, besonders aber mit Ihrer ansteckend positiven Art haben Sie mir sehr weitergeholfen. Vielen Dank dafür.

Danke, Herr Prof. Dr. Swalve, für die Aufnahme sowie die Betreuung als externer Doktorand. Mit Ihrem Einsatz haben Sie gewährleistet, dass dieses Projekt überhaupt erst bearbeitet und nun auch abgeschlossen werden kann.

Danke, der H. Wilhelm- Schaumann- Stiftung, für die großzügige finanzielle Unterstützung während meiner Doktoranden- Zeit. Mit dieser Hilfe war ein fokussiertes Arbeiten möglich. Sie haben mich vor einigen Sorgen bewahrt.

Danke, Frau Dr. Schlegel, für den unermüdlichen Zuspruch während der Zeit im gemeinsamen Büro. Die vielen Tipps und Informationen haben mich sehr weitergebracht. Außerdem werde ich die Gespräche, sowohl fachlich als auch außerfachlich, stets in bester Erinnerung behalten.

Danke, Herr Dr. Henne und damit stellvertretend auch der BHZP- GmbH, für die überaus gute Kooperation und Kommunikation, auch über die Landesgrenzen hinweg. Ihre Bemühungen und Ihr Einsatz von Beginn an haben wesentlich zum Gelingen dieses Projekts beigetragen.

Danke auch an das übrige BHZP-Team um Frau Keller, Doreen, Jennifer, Jenny, Marion, Uwe, Herbert, Enrico und Frau Dr. Appel. Ihr habt uns gut aufgenommen und uns die Arbeit wesentlich einfacher und angenehmer gemacht. Es hat bei Euch und mit Euch viel Spaß gemacht, weshalb wir gerne in den Betrieb gekommen sind.

Danke, Frau Dr. Kecman und Herr Dr. Rosner, für Ihren Einsatz bei der Beschaffung des Ultraschallgerätes, der Vorbereitungen auf wichtige Treffen sowie besonders auch den Rechnungen für diese Arbeit. Dies waren alles sehr wichtige Bausteine für das Gelingen des Projekts.

Danke, der Hochschule Anhalt (FH), für die Möglichkeit, als Teil des berühmten „Team Tierproduktion“ einen Arbeitsplatz in den Räumlichkeiten in Bernburg/ Strenzfeld erhalten zu haben. Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Mitwirkenden der Hochschule für den stets kollegialen und fairen Umgang bedanken. Besonders Herr Klein ist hier aufgrund der technischen Hilfestellungen ein treuer und wichtiger Kollege gewesen.

Danke, dem bereits erwähnten Team Tierproduktion, für die Integration in die Arbeitsgruppe und für viele gute gemeinsame Momente, an die ich mich sehr gerne zurückerinnern werde. Die Qualität, mit der Ihr die Studenten betreut und voranbringt, sowie die Intensität, mit der Projekte nebenher bearbeitet werden, suchen ihresgleichen, motivieren ungemein und verdienen großen Respekt. Aber auch viele wichtige außerdienstliche Unternehmungen werden mir für immer in guter Erinnerung bleiben. Danke dafür.

Danke, Herr Löffler, Herr Radtke, Herr Neuhäuser und Herr Grefermann, für die geleistete Unterstützung bei der Datenerhebung. Neben dieser Hilfestellung bleibt, dass die Zeit an den Wochenenden im Betrieb dank Euch angenehmer war. Ich wünsche Euch für den weiteren Weg nur das Beste.

Danke, Herr Dr. Vernunft aus Dummerstorf, für Ihre Unterstützung bei der Anwendung eines Ultraschallgerätes in der Analyse der Schwanzwirbelanzahl. Sie haben hier viel Licht ins Dunkel gebracht.

Danke, Herr Dr. Weber aus Iden, für Ihre Unterstützung während der Planung des Projekts.

Danke, dem Schweinewirtschaftsverband Sachsen-Anhalt e.V., für Ihre finanzielle Unterstützung in Form einer Auszeichnung für meine Masterarbeit.

Danke, dem Deutschen Bauernbund e.V. und dem Besamungsverein Neustadt a.d. Aisch, für die beiden Projekte und der damit verbundenen finanziellen Unterstützung, die ich Anfertigen konnte, während sich das Promotionsprojekt noch in der Planungsphase befand. Ohne diese Absicherung wäre mein Weg wesentlich steiniger gewesen.

Danke, Herr Dr. Schlegel, für Ihren dienstlichen sowie auch außerdienstlichen Rat. Gerne behalte ich unsere Gespräche in Erinnerung, die stets sehr angenehm, auch lehrreich und vor allem immer ehrlich waren. Genießen Sie Ihren wohlverdienten Ruhestand.

Danke, meiner lieben Familie, vor allem dafür, dass Ihr als „sicherer Hafen“ einfach immer in der Nähe seid. Ihr habt mich immer unterstützt und mir Mut zugesprochen, egal, ob die Zeiten mal „ruhiger“ oder mal „rauer“ waren. Darüber hinaus danke ich euch Eltern sehr dafür, dass Ihr uns Kindern stets die Werte Hilfsbereitschaft, Selbstlosigkeit, Bescheidenheit, Ehrlichkeit, Disziplin, Naturverbundenheit und, vor allem, die wahre Bedeutung von Reichtum, mit aller Euch gegebenen Nachdrücklichkeit, vorgelebt habt. Das ist für uns ein großer Segen.

Danke, meiner lieben Frau, Celina, für die wohl selbstloseste Hilfestellung, die ich erhalten habe. Obwohl du deine eigenen Wünsche und Ziele hast und natürlich auch nach diesen strebst, hast du dich nicht ein einziges Mal darüber beschwert, dass wir in der zurückliegenden Zeit vieles nach meinen Ambitionen ausgerichtet haben. Ich bin mir dessen jedoch im Klaren. Es heißt, dass viel in einer Ehe von der Stärke der Frau abhängt. Ich bin von Glück gesegnet, so eine starke Frau an meiner Seite zu wissen. Danke dafür. Ich liebe Dich.

Danke, unserem familiären Teil von Celina, für Euren großen Zuspruch und der vielen Hilfestellungen, wann immer dies nötig war. Gerade bei Dingen, die in dieser Zeit um das Projekt herum zusätzlich angefallen sind, die man überdies auch nicht unterschätzen sollte, habt Ihr oft mit angepackt.

Danke, Patrick, für deine Worte der Ermutigung damals bei unserem Weihnachtsessen. Oft kann man nicht abschätzen, was wirklich richtig ist. Mit deinen Ratschlägen hast Du mich jedoch gestärkt.

Danke, Berit, für die Motivation, die ich in Gesprächen mit dir während deines Promotionsprojekts erhalten habe.

Danke und zugleich auch Entschuldigung, an alle „Vergessenen“, die hier keine separate Aufführung erfahren haben. Sehr viele Menschen haben einen mal mehr, mal weniger großen Anteil an der Bearbeitung eines solchen Projekts. Dafür möchte ich meinen ehrlichen und aufrichtigen Dank aussprechen.

Ohne Ihre und Eure Unterstützung hätte ich diese Arbeit nicht umsetzen und fertigstellen können. Ich bin mir dessen sowie der Selbstlosigkeit, die derartige Hilfestellungen bedürfen, bewusst und aus tiefem Herzen dankbar dafür.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Kunze, Thomas
Staatsangehörigkeit: deutsch
Geburtsdaten: 27. November 1989 in Stollberg/ Erzgeb.

Ausbildungsdaten

06/ 2016 - 12/ 2022 Doktorand an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Dissertation im Fachgebiet Agrarwissenschaften
10/ 2013 - 09/ 2015 Hochschule Anhalt (FH) in Bernburg (Saale)
Studium Master of Science Food and Agribusiness
10/ 2010 - 09/ 2013 Hochschule Anhalt (FH) in Bernburg (Saale)
Studium Bachelor of Engineering Landwirtschaft
08/ 2000 - 06/ 2009 Matthes- Enderlein- Gymnasium Zwönitz
Erlangung der allgemeinen Hochschulreife

Sonstige Ausbildungsdaten

11/ 2016 Auszeichnung der Stiftung zur Förderung der Schweinezucht in
Sachsen- Anhalt für eine herausragende Masterarbeit in der Tierzucht
05/ 2016 - 10/ 2018 Förderung durch ein Stipendium der H. Wilhelm-Schaumann- Stiftung
04/ 2014 - 03/ 2015 Förderung durch das Deutschlandstipendium für begabte und
leistungsstarke Studierende
11/ 2013 Förderpreis des Landesbauernverbandes Sachsen- Anhalt e.V. für die
beste Gesamtleistung im Bachelor- Studiengang Landwirtschaft

Eidesstattliche Erklärung / *Declaration under Oath*

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare under penalty of perjury that this thesis is my own work entirely and has been written without any help from other people. I used only the sources mentioned and included all the citations correctly both in word or content.

19.12.2022

T. Kunze

Datum / Date

Unterschrift des Antragstellers / *Signature of the applicant*