

MANJA HOFMANN

**VOKALISATION UND LOKOMOTION
VON SAUGFERKELN IM OPEN FIELD**

INAUGURAL-DISSERTATION zur Erlangung des Grades eines **Doctor agriculturæ (Dr. agr.)**
durch den Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

AUS DEM INSTITUT FÜR TIERZUCHT UND HAUSTIERGENETIK
DER JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

Vokalisation und Lokomotion von Saugferkeln im Open Field

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Doctor agriculturae (Dr. agr.)

durch den Fachbereich Agrarwissenschaften,

Ökotoxikologie und Umweltmanagement

der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Manja Hofmann

Dipl.-Ing. agr. aus Falkenberg/Elster

Gießen 2010

Mit Genehmigung des Fachbereiches für Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und
Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekanin:

Prof. Dr. I.-U. Leonhäuser

Gutachter:

Prof. Dr. Steffen Hoy

PD Dr. rer. nat. Birger Puppe

Tag der Disputation:

08. November 2010

Für meine Liebsten:
meiner kleinen und
meiner großen
Familie

INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN.....	IV
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	VII
VERZEICHNIS DER ANHANGSABBILDUNGEN.....	IX
VERZEICHNIS DER TABELLEN.....	X
VERZEICHNIS DER ANHANGSTABELLEN.....	XI
1 EINLEITUNG.....	12
2 LITERATUR.....	13
2.1 Der Stimmapparat - Anatomie und Physiologie.....	13
2.2 Akustische Kommunikation.....	16
2.2.1 Physikalische Definition.....	16
2.2.2 Lautrepertoire der Wild- und Hausschweine.....	18
2.2.2.1 Lauteinteilung nach MEYNHARDT.....	19
2.2.2.2 Lauteinteilung nach KILEY.....	20
2.2.2.3 Lauteinteilung der neueren Literatur.....	20
2.3 Akustische Kommunikation bei den Suidae.....	21
2.4 Lautarten.....	22
2.4.1 Isolationslaut.....	23
2.4.2 Schmerzlaut.....	27
2.4.3 Laute bei Diskomfort.....	29
2.5 Automatische Klassifizierung von Lauten.....	31
2.6 Aspekte der Tagesperiodik.....	35
2.7 Verhalten junger Ferkel im Open Field.....	38
2.7.1 Lokomotion und Fluchtverhalten.....	38
2.7.2 Kot- und Urinabsatz.....	41
2.8 Fragestellungen dieser Arbeit.....	42
3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....	43
3.1 Open Field.....	43
3.2 Untersuchungszeitraum.....	44
3.3 Tiere.....	45
3.4 Untersuchungsablauf.....	46

3.5 Technik.....	46
3.5.1 Beobachtungsmethode.....	47
3.5.2 Software und Einstellungen.....	47
3.6 Untersuchungsparameter.....	50
3.6.1 Lautaufnahmen.....	50
3.6.2 Lokomotion	51
3.7 Überblick der Auswertungsparameter.....	52
3.8 Statistische Auswertung.....	54
4 ERGEBNISSE.....	57
4.1 Ergebnisse zur Lautanzahl.....	57
4.1.1 Vokalisation und Genotyp.....	57
4.1.2 Vokalisation und Geschlecht.....	59
4.1.3 Vokalisation und Tageszeit des Open Field Tests.....	60
4.1.4 Lautanzahl pro Zeiteinheit (Sekunde).....	61
4.1.5 Einfluss des Wurfes auf die Vokalisation.....	62
4.1.6 Zusammenhänge zwischen Vokalisation und Lokomotion bzw. Ausbruchverhalten	65
4.2 Ergebnisse zur Lokomotion.....	65
4.2.1 Lokomotion, Genotyp und Uhrzeit des Open Field Tests.....	66
4.2.2 Lokomotionsaktivität der Geschlechter.....	66
4.2.3 Zurückgelegte Wegstrecke pro Zeiteinheit (Sekunde).....	67
4.2.4 Einfluss des Wurfes auf die Lokomotion.....	67
4.3 Ergebnisse zum Ausbruchverhalten.....	68
4.3.1 Häufigkeit der Ausbruchversuche bei den Genotypen.....	68
4.3.2 Häufigkeit der Ausbruchversuche bei den Geschlechtern.....	69
4.3.3 Einfluss des Wurfes auf das Ausbruchverhalten.....	69
4.4 Ergebnisse zu den Körpermaßen der Saugferkel	71
4.4.1 Körpermaße der Genotypen.....	71
4.4.2 Körpermaße der Geschlechter.....	72
4.5 Ergebnisse der Lautparameter	72
4.5.1 Lautparameter bei den Lauttypen.....	73
4.5.2 Lautparameter innerhalb der Lauttypen bei den Genotypen.....	74
4.5.3 Lautparameter innerhalb der Lauttypen bei den Geschlechtern	77

4.5.4 Lautparameter im Grunzlaut bei aufeinanderfolgenden Wüfeln derselben Sau.....	78
4.5.5 Lautparameter und Körpermaße.....	81
4.6 Ergebnisse der Diskriminanzanalyse.....	82
4.6.1 Beispielhafte visuelle Darstellung der automatischen Klassifikation.....	83
5 DISKUSSION.....	85
5.1 Diskussion der Methodik der Lautanalyse und Lauteinteilung.....	85
5.2 Diskussion der betrachteten Lauttypen.....	88
5.3 Diskussion des Parameters Lautanzahl.....	91
5.3.1 Unterschiede zwischen Genotypen und Geschlechtern.....	91
5.3.2 Lokomotionsverhalten.....	93
5.3.3 Eliminationsverhalten.....	94
5.3.4 Fluchtverhalten.....	95
5.4 Diskussion der Parameter Lokomotion und Fluchtverhalten.....	95
5.4.1 Genotyp- und Geschlechtsunterschiede.....	96
5.4.2 Eliminationsverhalten.....	97
5.5 Tageszeitlicher Einfluss auf die Lautanzahl und die Lokomotion	97
5.6 Diskussion des Wurfeffektes.....	98
5.7 Diskussion der Körpermaße.....	100
5.7.1 Genotyp- und Geschlechtsunterschiede.....	100
5.7.2 Zusammenhang zwischen den Körpermaßen und den Lautparametern.....	102
5.8 Betrachtung der Lautparameter bei den Genotypen und den Geschlechtern	103
5.8.1 Lautparameter bei den Genotypen	103
5.8.2 Lautparameter bei den Geschlechtern.....	106
5.9 Fazit.....	107
6 ZUSAMMENFASSUNG.....	109
7 SUMMARY.....	112
8 LITERATURVERZEICHNIS.....	115
9 ANHANG.....	125

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Abkürzungen:

Abb.	Abbildung
bes.	besonders
BU	Brustumfang
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
dur	Lautlänge
EAS	Einzelabferkelsystem
ent	Entropie
et al.	Et alii
Exp.	Experiment
Fa.	Firma
FFT	Fast Fourier Transformation
GAS	Gruppenabferkelsystem
ggf.	gegebenenfalls
KL	Körperlänge
LM	Lebendmasse
LPC	Linear Prediction Coding
LT	Lebenstag
Max	Maximum
Min	Minimum
N (n)	Anzahl
n. s.	nicht signifikant
OF	Open Field
o. g.	oben genannte
pf	Peakfrequenz
Q75-Q25	Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil
s	Standardabweichung
S.	Seite
sog.	sogenannte
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem

u. U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
vs.	Versus
Wurfnr.	Wurfnummer
x	Mittelwert
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Einheiten:

cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
dB	Dezibel
g	Gramm
Hz	Hertz
kg	Kilogramm
kHz	Kilohertz
h	Stunde
m	Meter
min	Minuten
ms	Millisekunden
m ²	Quadratmeter
Sek.	Sekunden
°C	Grad Celsius
%	Prozent

Symbole:

♀	weiblich
♂	männlich
<	kleiner als
≤	kleiner gleich
®	eingetragene Marke
≥	größer gleich
∅	durchschnittlich

Rassen:

DE	Deutsches Edelschwein
DL	Deutsches Landrasse
Du	Duroc
Pi	Pietrain
DE x DE	reinerbig Deutsches Edelschwein
DE x Pi	Rassekreuzung Deutsches Edelschwein x Pietrain
DL x Du	Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Duroc
DL x Pi	Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Pietrain
Du x Du	reinerbig Duroc
Pi x Pi	reinerbig Pietrain

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 1:	Schematische Darstellung eines Klangs mit mehreren Teilschwingungen modifiziert nach HESS (2006).....	17
Abbildung 2:	Schematische Darstellung eines Geräuschs mit nichtperiodischen Teilschwingungen modifiziert nach HESS (2006).....	17
Abbildung 3:	Darstellung eines Tonsignals mit einer hohen (High) bzw. niedrigen (Low) Entropie nach TCHERNICHOVSKI et.al. (2000).....	34
Abbildung 4:	Darstellung des Open Fields.....	44
Abbildung 5:	Skizze* der Untersuchungsanlage.....	44
Abbildung 6:	Darstellung des Hauptfensters von Avisoft SASLab Pro [®]	48
Abbildung 7:	Darstellung von Lauten mit überlagerten Störgeräuschen.....	48
Abbildung 8:	Darstellung der verschiedenen Lauttypen zur subjektiven Klasseneinteilung.....	49
Abbildung 9:	Visuelle Darstellung der drei Lauttypen in angelerntem Kohonen-Netz mit 100 x 100 Neuronen.....	50
Abbildung 10:	Spektrogramm der Lauttypen mit einer FFT-Länge von 256 mit guter Zeitdarstellung.....	51
Abbildung 11:	Spektrogramm der Lauttypen mit einer FFT-Länge von 1.024 mit guter Frequenzdarstellung.....	51
Abbildung 12:	Darstellung der Bildschirmoberfläche von Ethovision 3.0 Basic (Noldus, Niederlande).....	52
Abbildung 13:	Lautanzahl/10 Minuten bei Ferkeln verschiedener Genotypen.....	58
Abbildung 14:	Lautanzahlen in der 1., 5. und 10. Minuten bei Ferkeln verschiedener Genotypen.....	59
Abbildung 15:	Gesamtlautanzahl und Lautanzahl in den betrachteten Einzelminuten männlicher und weiblicher Ferkel.....	60
Abbildung 16:	Lautanzahl pro Sekunde unter Beachtung des Ausscheidungsverhaltens.....	61
Abbildung 17:	Lautanzahl pro Sekunde bezüglich des Genotyps.....	62

Abbildung 18:	Zurückgelegte Wegstrecke während des OF-Tests bei Ferkeln verschiedener Genotypen und Geschlechter.....	66
Abbildung 19:	Zurückgelegte Wegstrecke pro Sekunde unter Berücksichtigung des Ausscheidungsverhaltens.....	67
Abbildung 20:	Ausbruchsversuche/10 Minuten bei Ferkeln verschiedener Genotypen	69
Abbildung 21:	Körpermaße bei Saugferkeln der einzelnen Genotypen.....	72
Abbildung 22:	Ergebnisse der LPC-Klassifikation des trainierten Kohonen-Netzes mit einer ähnlichen Klassenbesetzung der Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein (oben links), der Rassenkreuzung DE x Pi (oben rechts), DL x Pi (mitte links), des Genotyps Duroc (mitte rechts) und Pietrain (unten links).....	84
Abbildung 23:	Darstellung von Schreilauten im Spektrogramm.....	86

VERZEICHNIS DER ANHANGSABBILDUNGEN

Abbildung A1:	Ergebnisse der LPC-Klassifikation des trainierten Kohonen-Netzes mit original Klassenbesetzung der Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein (oben links), der Rassekreuzung DE x Pi (oben rechts), DL x Pi (mitte links), des Genotyps Duroc (mitte rechts) und Pietrain (unten links).....	127
----------------------	---	-----

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 1:	Verteilung der Geschlechter und Anzahl der Würfe innerhalb der Genotypen.....	45
Tabelle 2:	Überblick über die Auswertungsparameter.....	53
Tabelle 3:	Überblick über die Korrelationsberechnung.....	54
Tabelle 4:	Überblick über die Korrelationsberechnung der Körpermaße und Lautparameter.....	54
Tabelle 5:	Übersicht der Gesamtlautanzahl mehrerer Würfe einer Sau.....	63
Tabelle 6:	Fortsetzung Tabelle 5: Übersicht der Gesamtlautanzahl mehrerer Würfe einer Sau.....	64
Tabelle 7:	Übersicht über die Anzahl Ausbruchversuche mehrerer Würfe einer Sau.....	70
Tabelle 8:	Übersicht der Lauttypen mit den entsprechenden Lautparametern.....	73
Tabelle 9:	Darstellung der Lauttypen mit den dazugehörigen Lautparametern bei den Genotypen.....	76
Tabelle 10:	Darstellung der Lauttypen mit den dazugehörigen Lautparametern bei den Geschlechter.....	78
Tabelle 11:	Übersicht über die Lautparameter im Grunzlaut bei mehreren Würfen einer Sau.....	80
Tabelle 12:	Fortsetzung Tabelle 11: Übersicht über die Lautparameter Im Grunzlaut bei mehreren Würfen einer Sau.....	81
Tabelle 13:	Übersicht der Anzahl LPC-Vektoren bei ähnlicher Klassenbesetzung innerhalb der Genotypen.....	83

VERZEICHNIS DER ANHANGSTABELLEN

Tabelle A 1:	Gesamtlaufoanzahl/10 Minuten und Lautanzahlen in den betrachteten Einzelminuten bezogen auf die Tageszeit.....	125
Tabelle A 2:	Korrelation zwischen ausgewählten Lautparametern und den Körpermaßen.....	125
Tabelle A 3:	Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Duroc.....	125
Tabelle A 4:	Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Pietrain.....	125
Tabelle A 5:	Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein.....	126
Tabelle A 6:	Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn – Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb der Rassekreuzung Deutsches Edelschwein x Pietrain.....	126
Tabelle A 7:	Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb der Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Pietrain.....	126

1 EINLEITUNG

Wissenschaftliche Forschungen, die das Wohlbefinden der landwirtschaftlichen Nutztiere untersuchen, sind in der gesellschaftlichen Entwicklung von großer Bedeutung. Die Belange des Tierschutzes zur artgerechten Haltung sind unbedingt zu berücksichtigen. Demgegenüber steht der Wirtschaftsfaktor, der sich den Marktbedingungen anpassen muss.

Aus diesem Grund werden Projekte unterstützt, um das Verhalten der landwirtschaftlichen Nutztiere nicht-invasiv zu beobachten, zu erfassen und auszuwerten. Dafür werden Softwareprogramme entwickelt, getestet und praktisch angewandt. Für die Vokalisationsanalyse sowie für die Analyse der lokomotorischen Aktivitäten stehen solche Programme zur Verfügung.

Die Vokalisationsanalyse ist ein breitgefächertes wissenschaftliches Fachgebiet, das in den letzten Jahren im größeren Umfang wissenschaftlich untersucht wurde. Die Lautgebung als individuelles Charakteristikum spielt eine immer größer werdende Rolle in der Beurteilung von Wohlbefinden landwirtschaftlicher Nutztiere durch den Einsatz nicht-invasiver Methoden.

Die Vokalisation bei Tieren ist ein essentieller Bestandteil des Sozialverhaltens. Laute dienen der Kontaktaufnahme, der Alarmierung von Artgenossen, drücken innere Zustände, wie Angst oder Hunger, aber auch Kampfbereitschaft und Abwehr aus.

Der innerartliche Informationsaustausch ist die Grundlage für den Erhalt einer Art. Deshalb ist nicht nur die olfaktorische und visuelle Kommunikation von wesentlicher Bedeutung, sondern auch die akustische.

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit wertet die Vokalisation und Lokomotion von Saugferkeln verschiedener Genotypen unter Berücksichtigung weiterer Parameter unter den standardisierten Bedingungen eines Open Field Tests aus.

2 LITERATUR

2.1 Der Stimmapparat - Anatomie und Physiologie

Um Laute analysieren und einordnen zu können, muss zunächst geklärt werden, wie und wo diese im Organismus gebildet werden. Die Anatomie und Größe des Stimmapparates bestimmt vorrangig das akustische Repertoire des Tieres (MANTEUFFEL et al., 2004).

TEMBROCK (1982, 1996) teilt die Lautäußerungen von Säugetieren in verschiedene Unterklassen. Darunter zählt er die Geräuscherzeugung durch Bewegung, durch vegetative Funktionen und durch stoffwechselbedingtes Verhalten sowie durch Atmung und die laryngeale Lautbildung. Die *Geräuscherzeugung durch Bewegung* kommt vor allem durch Knochenkontakte bzw. Sehnen- und Bänderbewegungen zustande. Aber auch das Klopfen bzw. Stampfen mit den (Hinter-)Beinen bei den Hasenartigen bzw. den Huftieren sowie das Trommeln mit den Händen gegen die Brust bei Schimpansen oder Gorillas sind Beispiele für eine solche Geräuscherzeugung.

In Erregungszuständen kommen besonders bei den Nagetieren spezielle Geräusche vor, die durch unbewusste Zitterbewegungen gebildet werden. Ein weiteres Beispiel für die *Geräuscherzeugung durch vegetative Funktionen* ist das Rasseln der Stacheln beim Stachelschwein.

Kieferschlagen, Zähneknirschen, Zähnewetzen und Zähneschlagen stehen in Zusammenhang mit *stoffwechselbedingtem Verhalten*. Diese Geräuscherzeugungen sind u. a. bei den Drohgebärden vom Hund bzw. Wolf (Kieferschlagen) oder bei Schweinen und Rindern (Zahneknirschen) zu finden.

Atemgeräusche wie Hecheln, Schnaufen, Schnüffeln und Fauchen werden ebenso als akustische Signale verstanden, wie auch die laryngeale Lauterzeugung.

Das Laut-(Stimm-)bildungsorgan der laryngeale Lauterzeugung ist der Kehlkopf. Dieser ist anatomisch gesehen am oberen Ende der Luftröhre (Trachea) gelegen, ist durch drei Knorpel charakterisiert (Ringknorpel, Schildknorpel und zwei Stellknorpel) und von Bänder und Muskeln umgeben. Die Aufgabe des Kehlkopfes ist nicht die Lautbildung, sondern in erster Linie die Atmung mit dem dazugehörigen Schutz,

damit keine Nahrung in die Lunge gerät. Dies geschieht beim Menschen durch den Verschluss des Kehlkopfeinganges durch die Epiglottis (Kehldeckel) (TEMBROCK, 1996).

Die Stimmbänder, die einen wesentlichen Bestandteil des Stimmapparates darstellen, spannen sich zwischen den Schild- und den beiden Stellknorpeln. Der Spalt zwischen den Stimmbändern (Stimmlippen) wird Stimmritze (Glottis) genannt. Die Stimmlippen sind das wichtigste Organ zur Lautbildung.

Die Stimmritze kann entweder die Atem- oder Stimmstellung einnehmen. Durch verschiedene Muskeln kann die Stimmritze verengt (durch die Spannung der Stimmlippen) oder erweitert werden. Bei der Atemstellung kann der Luftstrom ungehindert durch die weit auseinander liegenden Stimmlippen und Stellknorpel gelangen. Im Gegensatz dazu liegen die Stimmlippen und auch der Stellknorpel bei der Stimmstellung eng aneinander. Dadurch wird ein Luftstrom, der bei der Expiration erzeugt wird, durch die enge Stimmritze geleitet. Durch die Verengung der Glottis kommt es zu einem erhöhten Druck (subglottischer Druck) im Thoraxbereich, der die Stimmlippen auseinander presst. Der Luftstrom wird durch die Glottis geführt und versetzt somit die Stimmlippen in Schwingung (FITCH und HAUSER, 1995; KLINKE, 1995). Diese Schwingung ist mit dem Bernoulli-Gesetz zu erklären, bei dem jedem Geschwindigkeitsanstieg ein Druckabfall folgt. Durch diese sogenannten Bernoulli-Schwingungen entsteht ein Klang.

Nachdem die Luft durch die Glottis gepresst wurde, gelangt das gebildete Ausgangssignal in das sog. Ansatzrohr (Mund-Rachen-Raum). Das Ausgangssignal besteht aus der Grundfrequenz und mehreren Obertönen. Das Ansatzrohr wirkt wie ein Filter auf dieses Ausgangssignal, das dadurch in seinen Eigenschaften moduliert wird. Diese Signalveränderung in höhere oder niedrigere Frequenzen geschieht durch die Eigenschaften des Mund-Rachen-Raumes, z. B. durch den Mund, die Nase, die Zahnstellung, die Lippen und das Gaumensegel. Dies hat eine unregelmäßige Struktur des Vokaltraktes zur Folge und ist verantwortlich für die Ausbildung von Resonanzfrequenzen, die wiederum im Frequenzspektrum visuell dargestellt werden können (MARX, 1994). Mehrere Frequenzbänder von Resonanzfrequenzen können im Spektrogramm als Formanten ersichtlich sein. Sie spiegeln intensivere Frequenzbereiche wider. Bei der menschlichen Stimme lassen die Formanten eine Unterscheidung von Vokalen zu (HESS, 2006).

Die Tonhöhe beim Menschen ist zwischen den Geschlechtern und auch zwischen Erwachsenen und Kindern unterschiedlich. Dies hängt mit der Häufigkeit der Stimmlippenschwingungen bei der Lauterzeugung zusammen. Nach TEMBROCK (1996) ist die Tonhöhe auch von der Länge der Stimmbänder abhängig, die wiederum mit der Körpergröße in Zusammenhang steht. Die Form des Schildknorpels (Adamsapfel) beeinflusst die Länge der Stimmlippen bei den Männern, die daher eine tiefere Grundfrequenz besitzen (WAGNER, 2006). Nach FITCH und HAUSER (1995) ist die Länge der Stimmlippen mit der Tonhöhe korreliert. Die Autoren sehen zusätzlich einen Zusammenhang zwischen der Dicke (Masse) der Stimmlippen und der Tonlage. WAGNER (2006) sieht darüber hinaus die Weite der Glottis als Einflussfaktor für die Tonhöhe. Eine erhöhte Anspannung und ein erhöhter subglottischer Druck bedingen eine höhere Tonlage.

In Stresssituationen wird physiologisch die Sympathikus-Nebennierenmark-Achse stimuliert, welche den Körper in Alarmbereitschaft versetzt. Dadurch ändert sich die Atmung, die wiederum Einfluss auf die Lautgebung ausübt. So ergibt sich eine Änderung des glottalen Impulses und somit der Grundfrequenz (WILLIAMS und STEVENS, 1972).

KÜNZEL (1989) sowie McCOMB (1991) stellten beim Menschen bzw. beim Rothirsch fest, dass die Grundfrequenz und die damit zusammenhängende Struktur der Stimmlippen bei den Wirbeltieren unabhängig von der Körpergröße ist. Somit reicht die Analyse der Grundfrequenz nicht aus, um Rückschlüsse auf die individuellen Körpermaße zu schließen.

Die Größe des Kehlkopfes ist nicht unbedingt abhängig von der Körpergröße. Ein Beispiel dafür ist der Hammerkopf aus der Familie der Flughunde. Die männlichen Tiere besitzen einen sehr großen Kehlkopf. Im Vergleich zum restlichen Körper ist der Kehlkopf verhältnismäßig groß. Dies hat einen evolutionären Hintergrund, weil sich die Weibchen ihre Geschlechtspartner anhand der Lautgebung aussuchen (BRADBURY, 1977).

2.2 Akustische Kommunikation

Die Lauteigenschaften bei den lautgebenden Spezies können anhand von speziellen Parametern oder auf Grund der Verhaltensweisen differenziert und kategorisiert werden (DÜPJAN, 2008).

Ein Laut tritt selten als Einzellaut auf, sondern ist vielmehr eine Abfolge von Lautereignissen mit spezieller Bedeutung. Zunächst werden die grundlegenden Lautparameter und danach einige Lauttypen erläutert.

2.2.1 Physikalische Definition

Um Laute beschreiben und unterscheiden zu können, werden diese anhand spezieller Parameter charakterisiert.

Die Ausbreitung akustischer Signale erfolgt über Schallwellen in der Luft, aber auch über andere Medien, z. B. Wasser. Die Schallwelle ist durch den Schalldruck (Änderung des Luftdrucks am Ort der Schallmessung) und durch die Schallschnelle (Geschwindigkeit eines Luftteilchen, das sich aufgrund eines Schallereignisses bewegt) charakterisiert. Der Schalldruck wird als Schalldruckpegel in der dimensionslosen Größe Dezibel (dB) angegeben.

Grundbaustein aller akustischen Signale sind Schwingungen. Ein akustisches Signal mit einer Sinus- oder Kosinusschwingung wird als *reiner Ton* definiert. Ein *Klang* besteht aus periodischen Schwingungen (Abb. 1), der durch die Fourieranalyse (Joseph B. Fourier – Entdecker) in eindeutige Sinus- und Kosinusschwingungen zerlegt und umgekehrt durch die Fouriersynthese wieder zusammengesetzt werden kann. Die Teilschwingungen (Harmonischen) sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz.

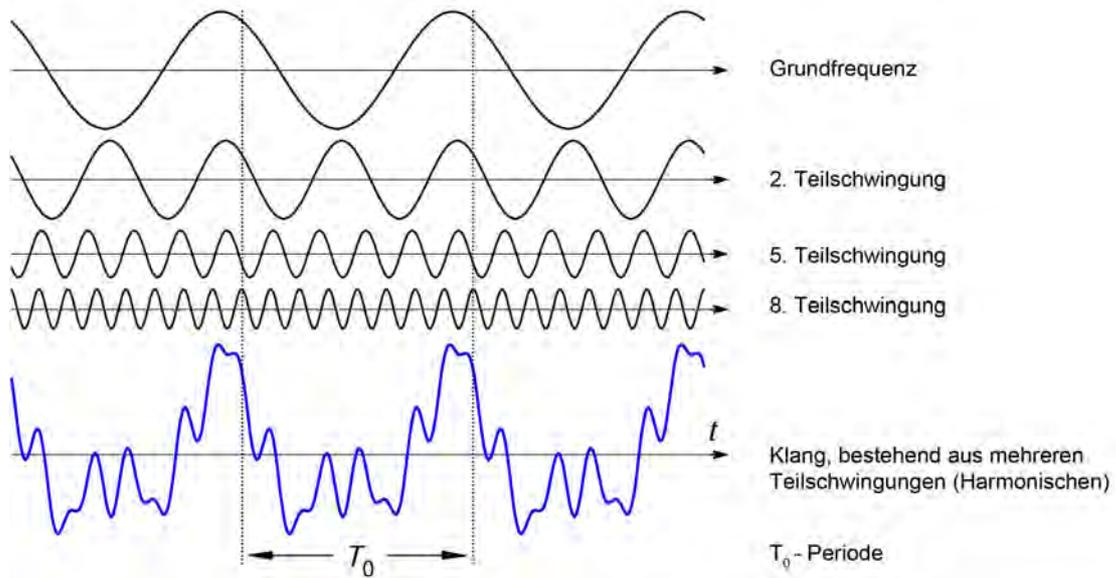


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Klangs mit mehreren Teilschwingungen modifiziert nach HESS (2006)

Ein *Geräusch* besteht im Gegensatz zum Klang aus nichtperiodischen Schwingungen (Abb. 2). Ein Geräusch entsteht, sobald ein akustisches Signal durch einen Resonanzkörper modifiziert wird.

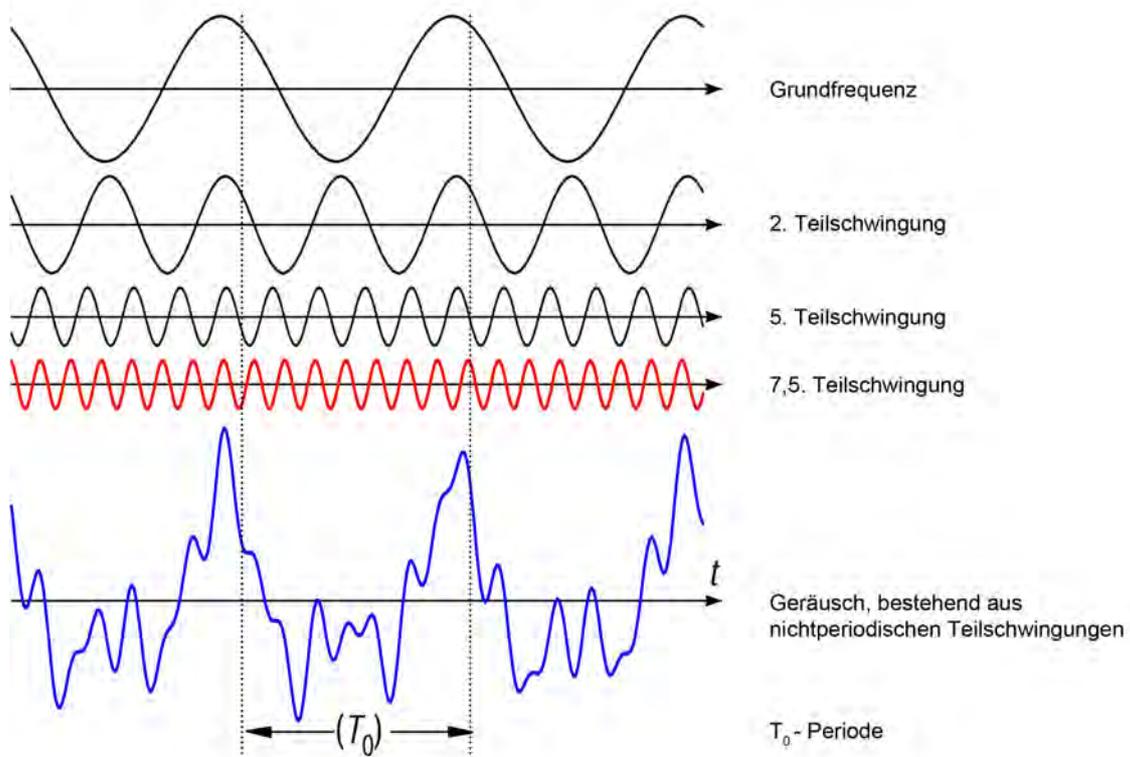


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Geräuschs mit nichtperiodischen Teilschwingungen modifiziert nach HESS (2006)

Die (nicht)-periodischen Schwingungen des Tons, des Klangs bzw. des Geräusches können durch ihre Frequenzen und Amplituden näher beschrieben werden. Die Frequenz ist physikalisch die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde mit der Einheit Hertz (Hz). Die maximale Auslenkung der Schwingung(en) ist die Amplitude. In der Akustik wird die Frequenzhöhe vom Empfänger als Tonhöhe und die Amplitude als Lautstärke, d. h. als subjektives Empfinden, wahrgenommen (SCHMIDT, 2009).

Zur genauen Analyse von Lautsignalen bedient man sich der Kurzzeitspektralanalyse. Lautsignale sind zeitveränderlich. In der Kurzzeitspektralanalyse wird das Lautsignal in kurze Zeitabschnitte zerlegt und für diese Zeitabschnitte die Frequenzanalyse durchgeführt. Dabei ist die Fensterung (Länge des Zeitintervalls) so zu wählen, dass die Lautparameter zuverlässig ermittelt werden können. Eine große Fensterung bedingt eine gute Frequenzauflösung (Sichtbarkeit der Obertöne), eine kurze Fensterung eine gute Zeitauflösung zu Lasten der Frequenzauflösung. Die Fensterform (Window) ist ebenso entscheidend für die Analyse der Lautparameter. Sie sollte an den Rändern des Fensters nicht abrupt enden, da so ein künstlich hervorgerufener Amplitudenverlauf zustande kommen würde, der im Ausgangssignal nicht vorhanden ist. Um dies vorzubeugen wird oftmals das Hamming-Fenster genutzt, das die Diskontinuitäten des Amplitudenverlaufs am Rand des Fensters abmildert (HESS, 2006).

2.2.2 Lautrepertoire der Wild- und Hausschweine

In den 70-er bis 90-er Jahren begannen KILEY (1972) und MEYNHARDT (1990), die Definition verschiedener Lauttypen beim Wild- bzw. Hausschwein zu erarbeiten. MEYNHARDT (1990) untersuchte das Lautrepertoire beim Wildschwein in freier Wildbahn.

KILEY (1972) hingegen definierte 14 Laute beim Hausschwein vom Saugferkel bis zum 6 Monate alten Schwein, teils im Feld und zum anderen Teil unter experimentellen Bedingungen.

Die Laute von Wild- und Hausschweinen wurden visuell im Spektrogramm (Frequenz gegen Zeit) dargestellt, wobei KILEY (1972) zusätzlich Parameter bestimmte, die einen Laut näher beschreiben. Einige dieser Parameter (Amplitude) wurden von der

Autorin subjektiv per Hören und andere (Lautlänge, Tonhöhe, Tonalität) mit Hilfe des Spektrogramm dargestellt.

Im Folgenden werden die definierten Laute vom Wild- bzw. Hausschwein beider Autoren vorgestellt, wobei eine qualitative Beschreibung der Vokalisation mit der dazugehörigen Verhaltenssituation erfolgt. Danach erfolgt ein kurzer Überblick über die Lauteinteilung beim Hausschwein, die in den letzten 10 Jahren von Autoren beschrieben wurde.

Die von KILEY (1972) genutzten Lautbezeichnungen werden in Originalsprache beibehalten.

2.2.2.1 Lauteinteilung nach MEYNHARDT

MEYNHARDT (1990) definierte 10 Grundlaute bei freilebenden Wildschweinen. Diese konnten verschiedenen Altersklassen zugeordnet werden. So sind in der Prägungsphase (von Geburt bis zum 4. Lebenstag) Kontakt-, Hunger- und Schmerzlaute charakteristisch. Danach entwickeln sich vor allem Such-, Angst-, Kampf- und Abwehrlaute. Ab der 3. Lebenswoche manifestieren sich die Warn- und Alarmlaute und ab dem 6. Lebensmonat kommen zusätzlich die Werbelaute hinzu.

Diese verschiedenen Lauttypen konnten durch weiterführende physikalische Analysen 3 Gruppen zugeordnet werden. Der Kontaktlaut ist ein Grunzlaut mit individuellem Charakter, der eine individuelle Erkennung ermöglicht.

Die Hunger-, Schmerz-, Such-, Angst-, Kampf- und Abwehrlaute werden hauptsächlich durch Quieker oder Schreie beschrieben. Auch in dieser Lautgruppe wurde eine Individualität einiger Laute nachgewiesen. So antwortete eine Muttersau mit Lockrufen, wenn sie Hunger- bzw. Suchlaute ihrer Frischlinge hörte.

Auf Schmerz-, Angst- und Abwehrlaute reagierten alle Tiere der Rotte. Daraus schloss der Autor, dass keine Individualität in diesen Lauttypen vorliegt.

Auch die Warn- und Alarmlaute ließen keine individuellen Merkmale erkennen. Diese und die Werbelaute sind die dritte Lautgruppe. Sie können weder den Grunzern noch den Quiekern bzw. Schreien zugeordnet werden. Deshalb nehmen sie eine Sonderstellung ein. Beim Ausstoßen dieser Laute reagieren alle Tiere der Rotte und zeigen eine Verhaltensreaktion.

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die Hunger-, Warn- und Abwehrlaute eine längere Lautdauer im Vergleich zu den übrigen Lauten aufwiesen. MEYNHARDT (1990) vermutete, dass der Grad der Erregung bzw. des Hungers einen Einfluss auf diesen Parameter hat.

2.2.2.2 Lauteinteilung nach KILEY

Die Lauteinteilung nach KILEY (1972) erfolgte in tonale und nicht tonale Laute. Die tonalen Laute wurden anhand der im Sonagramm deutlich erkennbaren Frequenzbänder (Grundfrequenz mit den ganzzahligen Harmonischen) definiert. Die nichttonalen Laute hingegen waren durch nicht eindeutig definierte Frequenzen gekennzeichnet. Dazu zählten die Grunzer (common grunt) und im speziellen auch der Piglets high grunt, der nur von Ferkeln bis zu 2 Monaten abgegeben wurde. Dieser Laut (Piglets high grunt) wurde bei steigender Erregung der Ferkel gefunden, z. B. kurz vor dem Saugakt bzw. beim Finden der bevorzugten Zitze, wohingegen der Grunzer in Situationen der Exploration, Lokomotion, Kontaktaufnahme und im Zusammenhang der Nahrungssuche und -aufnahme zu finden war.

Zu den tonalen Lauten zählen der Chirrup, der als Vorstufe des Squeals (Quieker) angesehen wurde sowie der Squeal selbst und der stuttered Squeal. Ferkel geben diese Laute ab, wenn sie z. B. hochgenommen oder festgehalten werden.

2.2.2.3 Lauteinteilung der neueren Literatur

Die neuere Literatur (MARCHANT et al., 2001; MARX et al. 2003; PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al. 2006; DÜPJAN, 2008; von BORELL et al. 2009) hingegen konzentriert sich auf wenige wichtige Lauttypen beim Hausschwein. MARX et al. (2003) und von BORELL et al. (2009) definierten drei verschiedene Lauttypen unter Bedingungen der Kastration (MARX et al., 2003; v. BORELL et al. 2009) als auch unter standardisierten Bedingungen des Open Field Tests (von BORELL et al. 2009). Die Autoren beschrieben Grunzer (Grunt), Quieker (Squeal) und Schreie (Scream). Eine erste subjektive Kategorisierung der Laute wurde anhand der visuellen Darstellung im Spektrogramm durchgeführt (von BORELL et al., 2009). Dabei wurden Kriterien, wie z. B. niedrige/mittlere/hohe Energie im Laut und die Tonalität (erkennbar durch die Struktur der Frequenzbänder) eingesetzt. Diese präzise

definierten Lauttypen wurden später zur automatisierten Klassifikation der Laute genutzt (vgl. Abschnitt 2.6).

PUPPE et al. (2005) sowie SCHÖN et al. (2006) teilten die Laute in nieder- und hochfrequente Laute ein (< 1.000 Hz; > 1.000 Hz), wobei die niederfrequenten Laute die Grunzer und die hochfrequenten Laute die Quieker und Schreie darstellten. Außerdem wurden zusätzlich Quiek-Grunzer (PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al. 2006) bzw. Grunz-Quieker (DÜPJAN, 2008) als Lauttypen definiert.

Diese hochfrequenten tonalen Laute sind in für das Tier frustrierenden oder schmerzhaften Situationen zu finden. Dagegen sind die niederfrequenten wenig tonalen Laute bei Aggressivität (MANTEUFFEL et al., 2004) und bei der sozialen Kontaktaufnahme vorrangig (KILEY, 1972; FRASER, 1974).

2.3 Akustische Kommunikation bei den Suidae

Bereits in den 70-er und 80-er Jahren wurden einige Untersuchungen angestellt, die im Kontext des Sozialverhaltens der Familie der Suida stehen.

Die Rotte der Wildschweine besteht aus einer Mutterfamilie mit ihrem aktuellen und vorjährigen Nachwuchs, die ggf. schon eigenen Nachwuchs haben. Die vorjährigen männlichen Tiere werden aus der Rotte vertrieben und leben vorerst in Junggesellengruppen zusammen. Später verlassen sie auch diese Gruppe, um solitär zu leben. Während der Paarungszeit stoßen die Keiler zu den maternalen Gruppen (GUNDLACH, 1968; TEMBROCK, 1996).

Im Sozialverhalten der Schweine hat die akustische Kommunikation, die innerhalb und zwischen den Gruppen besteht, eine große Bedeutung.

TEMBROCK (1996) legte durch Lautaufnahmen von Busch- und Warzenschweinen, Hirschebern sowie anderen Tierarten eine beachtliche Sammlung an Tierstimmen an. Er fand durch diese Untersuchungen heraus, dass die Lautgebung ähnlich ist, aber bedingt durch die Körpergröße artliche Unterschiede zu verzeichnen sind. Grunzlaute stehen im sozialen Zusammenhang, wobei diese auch in sozial angespannten Situationen (Aufregung) vorkommen können. Diese wurden in Kurz- und Langlaute unterschieden.

Bei Wildschweinen wurden Grunzlaute beobachtet, die beim Besuch der Bache bei ihrem Nachwuchs im Nest sowie als Orientierungshilfe außerhalb des Nestes

ausgestoßen werden (GUNDLACH, 1968). Das Säugegrunzen dient bei den Wildschweinen (GUNDLACH, 1968) wie auch bei den Hausschweinen zur Stimulation der Jungen zum synchronen Säugen (SCHÖN et al., 1999; KASANEN und ALGERS, 2002; SPINKA et al., 2002; PUPPE, 2008).

KILEY (1972) definierte bei erwachsenen Schweinen drei verschiedene Grunzlaute und vier Grunzreihen. Die Autorin ordnete den Grunzlauten verschiedene Verhaltensweisen zu, bei denen es sich um soziale, aber auch um frustrierende Situationen gehandelt hat. So wurden z. B. alle Grunzlauttypen bzw. -reihen der Begrüßung von Familienangehörigen, aber auch Isolations- und Frustrationssituationen zugeordnet.

Quiekende Laute geben Frischlinge ab, wenn sie den Kontakt zur Bache bzw. Gruppe verloren haben oder bei der Kontaktaufnahme, wenn die Bache zum Nest zurückkehrt und ihre Jungen beschnüffelt (GUNDLACH, 1968). Die genannten und andere Verhaltensweisen (z. B. Aggressivitäts- und Frustrationsverhalten) der Ferkel ordnete KILEY (1972) den Quiekern zu.

2.4 Lautarten

Die Lautanalyse als nicht-invasives Verfahren wird zur Beurteilung verschiedener Befindlichkeiten bei Tieren erfolgreich eingesetzt. Im Ergebnis können Management- und Handlingsprozesse optimiert werden.

Durch die große Variation der Lautgebung hinsichtlich der Frequenz und Amplitude ist es möglich, Nachrichten unter verschiedenen Umweltbedingungen zu senden. So kann durch eine Erhöhung der Amplitude bei lauter Umgebung oder zwischen langen Distanzen eine Kommunikation möglich sein (DÜPJAN, 2008).

In einem Großteil der Literatur, die sich mit der Schweinevokalisation beschäftigt, werden Vokalisationsarten, wie Angstschreie und Distress-(Leidens)-Laute benannt. Bei anderen Tierarten, z. B. beim Chinchilla, ermittelte BARTL (2006) auch Kontakt-, Abwehr- und Alarmlaute.

2.4.1 Isolationslaut

Trennungssituationen von Ferkel und Muttersau bzw. von Geschwistern (beim Absetzen oder bei bestimmten Handlingsprozessen) sind in der Schweinehaltung unumgänglich. In einer Trennungs- bzw. Isolationssituation geben die Tiere charakteristische Laute von sich.

Wie sich heranwachsende Schweine in einer kurzen Isolationssituation (Open Field Test) verhalten, untersuchte FRASER im Jahr 1974. Der Autor legte das Augenmerk auf drei verschiedene Lauttypen (kurze bzw. lange Grunzer und Schreie).

Die Schweine wurden vor und während der Untersuchungsphase teilweise einzeln oder paarweise in Buchten gehalten. Die Testdauer betrug 10 min. Während dieser Zeit wurden die Lautaufnahmen gemacht und später per Hören in kurze ($\leq 0,4$ Sek.) bzw. lange Grunzer und Schreie unterschieden. Weiterhin wurde die Zeit aufgenommen, wann das Tier gekotet hat.

Lange Grunzer und Schreie zeigten eine signifikant positive Korrelation zueinander sowie zur Aktivität und dem Kotabsatz. Es gab auch einen Zusammenhang ($p < 0,05$) zwischen der Lokomotion und den kurzen Grunzern sowie dem Kotabsatz.

Die Testdauer wurde vom Autor in verschiedene Stadien eingeteilt. In der ersten Minute des Tests lag die Lautanzahl bei durchschnittlich 5,9 Lauten, davon waren 77 % der Laute kurze und 33 % lange Grunzer. Schreie traten kaum auf. Die Lautanzahl stieg in der letzten Minute auf 17,5 an, wobei 33 % der Vokalisation kurze, 49 % lange Grunzer und 18 % Schreie waren.

Die Lautcharakteristik von Saugferkeln untersuchte FRASER (1975a) wiederholt. Dabei wurden Ferkel im Alter von 4 bis 25 Tagen 5 min einer Isolationssituation in einer fremden Umgebung ausgesetzt. Im Ergebnis zeichneten sich drei Lauttypen ab: zum einen Grunzer mit geschlossenem Maul, Grunzer mit offenem Maul und Schreie.

Grunzer mit geschlossenem Maul wurden von allen Tieren abgegeben, 90 % der Tiere hatten geschrien und 39 % aller Tiere hatten mit offenem Maul gegrunzt. Auffällig war, dass sowohl die Anzahl der Schreie als auch die der Grunzer mit offenem Maul innerhalb der ersten 2 Minuten anstieg und somit ein Zusammenhang bestand. Ferkel, die mehr mit offenem Maul grunzten, hatten dementsprechend

weniger Grunzer mit geschlossenem Maul. Motorisch aktive Ferkel gaben mehr Schreie und Grunzer mit offenem Maul ab als andere.

Keine Zusammenhänge konnten jedoch innerhalb der Würfe zwischen den Körpergewichten der Ferkel und den verschiedenen Grunzlauten bzw. der Lokomotion verzeichnet werden. Es zeigte sich eine Beziehung zwischen dem Körpergewicht und dem Auftreten von Schreien während des Tests. Das Körpergewicht war von der Wurfgröße abhängig, so dass z. B. Korrelationen zwischen der Anzahl Schreie und dem Körpergewicht von -0,33 bei einem Wurf mit 6 Ferkeln und ein Korrelationskoeffizient von 0,32 bei einem 11-er Wurf vorlagen.

In weiteren Untersuchungen von FRASER (1975b) wurden unterschiedliche (Isolations-)Situationen getestet, in denen die Anzahl der verschiedenen Lauttypen (Grunzer mit geschlossenem Maul, Grunzer mit offenem Maul und Schreie) gezählt wurde.

Die Testdauer betrug 5 min. Die Ergebnisse zeigten, dass weniger Grunzer mit offenem Maul und Schreie bei der Isolation in der gewohnten Umgebung (Ferkel blieb allein in der Abferkelbucht) abgegeben wurden. Vorrangig war der Lauttyp Grunzer mit geschlossenem Maul. Bei der Isolationssituation in der fremden Umgebung waren alle drei Lauttypen vertreten, die auch zahlenmäßig die der Isolation in der gewohnten Umgebung überragten.

Der Einfluss einer ungewohnten Umgebung hatte weniger Auswirkung auf die Lautgebung, wenn die Muttersau und Geschwisterferkel zugegen waren. Die Einstreu aus der gewohnten Abferkelbucht hatte keinen erheblichen Einfluss auf die Reduzierung der Lautgebung.

HILLMANN et al. (2003) untersuchten Ferkel, die entweder in Einzelabferkelbuchten (Danish system 6,7 m²) oder in einem Gruppenabferkelsystem ihre ersten Lebenswochen verbrachten, um mit ihnen einen Isolationstest in einer unbekanntem Umgebung durchzuführen. Beim Absetzen verblieben die Ferkel aus der Gruppenabferkelbucht im gewohnten Sozialverband, während die anderen mit fremden Ferkeln neu gruppiert wurden. Diese zwei Versuchsgruppen wurden zwei Tage vor dem Absetzen und 2 - 3 Tage nach dem Absetzen einer 10-minütigen Isolation ausgesetzt. Ergebnis war, dass die Ferkel aus den Einzelabferkelbuchten größere Probleme hatten, sich mit der Situation abzufinden. Sie vokalisiertem im Vergleich zu den „Gruppenferkeln“ mehr im hochfrequentem Bereich. Außerdem

zeigten sie mehr Ausbruchversuche, indem sie vermehrt gegen die Wände der Versuchsbucht sprangen bzw. sich daran aufrichteten. Auch eine gesteigerte Lokomotion war zu verzeichnen. Diese Unterschiede waren sowohl in der ersten (2 Tage vor dem Absetzen) als auch in der zweiten Untersuchungsphase (2 - 3 Tage nach dem Absetzen) zu beobachten.

Obgleich bei beiden Versuchsgruppen der erste Test einen tendenziellen Einfluss auf die Ergebnisse des zweiten Untersuchungsdurchganges hatte, sank die Anzahl der gezeigten Verhaltensweisen (Lokomotion und Vokalisation) zwischen beiden Versuchstagen. Dies konnte statistisch aber nicht abgesichert werden. Gleiches ergaben Untersuchungen von BÜNGER et al. (2000).

Eine Isolation scheint bei jungen Ferkeln eine größere Stresssituation darzustellen als bei älteren Ferkeln. Dies belegten WEARY et al. (1999) anhand der Vokalisationshäufigkeit und der Lauteigenschaften. Die Isolationsdauer betrug 10 Minuten und es wurden Saugferkel im Alter von 1, 2, 3 und 4 Wochen getestet.

Die Laute wurden digital aufgenommen und automatisch mit einer Analysesoftware hinsichtlich Lautdauer (ms) und Lautfrequenz (Hz) (Frequenz mit der höchsten Amplitude) beschrieben. Weiterhin wurde die Lautanzahl bezüglich tief-, mittel- und hochfrequenter Laute dargestellt. Alle Tiere vokalisiert in hohem Maße, doch war die Lautanzahl bei älteren Ferkeln geringer als bei den jüngeren. Die Autoren vermuteten, dass es wahrscheinlich an der größeren Stressbelastung der jungen Ferkel lag. Es gab einen engen Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und der hochfrequenten (> 500 Hz) Lautabgabe – je jünger die Ferkel waren, desto mehr hochfrequente Laute wurden gezählt. Die älteren Ferkel produzierten signifikant weniger tieffrequente (< 250 Hz) und hochfrequente (> 500 Hz) Laute. Die Anzahl der mittelfrequenten Laute während des Open Field Tests blieb vom Alter unberührt. Die Länge der Laute nahm bei älteren Ferkeln zu.

HEBERER (2006) fand in ihren Untersuchungen zum Verhalten von Ferkeln in einer Isolationssituation heraus, dass die Häufigkeit der Vokalisation in zwei aufeinanderfolgenden Open Field Tests sank. Sie untersuchte 7, 21 bzw. 35 Tage alte Ferkel, die in den 4 Stunden zwischen beiden OF-Tests mit bekannten Wurfgeschwistern, unbekanntem Artgenossen oder allein gehalten wurden. Die Kontrolltiere wurden nach dem ersten OF-Test zurück in die Abferkelbucht verbracht.

Nach dieser Periode wurden die Versuchsferkel nochmals einem OF-Test ausgesetzt. Dabei stellte die Autorin fest, dass bei allen Ferkeln die Vokalisationshäufigkeit sank. Die Vokalisation wurde in Grunzen, was der wesentliche Lauttyp war, und Schreien eingeteilt. Bei beiden Lauttypen wurde auch hier größtenteils eine Abnahme festgestellt. Nur bei den 7 Tage alten Ferkeln blieb die Schreiaktivität zwischen beiden OF-Tests relativ konstant. Dies erklärte die Autorin damit, dass sehr junge Ferkel durch eine Isolation die lebenswichtige soziale Bindung zur Mutter verlieren. Sie benötigen in diesem Alter die Mutter als Wärme- und Nahrungsquelle, was bei einer Trennung in der freien Wildbahn zum Tode führen würde. Wie schon von WEARY et al. (1997) erklärt, sucht das Ferkel durch intensives Rufen nach der Mutter, um eine Zusammenführung (beider) wieder herstellen. Sind die Ferkel aber gewöhnt, sich kurzzeitig von ihrer Mutter zu entfernen, wie es in Gruppenabferkelungssystemen (GAS) der Fall ist, ist eine temporäre Isolation während eines OF-Tests für diese Ferkel wahrscheinlich stressärmer. Dies wurde mit einer geringeren Vokalisations-, Lokomotions- und Ausbruchhäufigkeit der GAS-Ferkel vs. Ferkel aus Einzelabferkelungssystemen dargestellt (BÜNGER et al., 2000).

Nach WEARY und FRASER (1995a) erwirken die Laute, die vom Ferkel während einer Trennung von der Muttersau abgegeben werden, die Aufmerksamkeit dieser, wenn sie die Laute der Ferkel hört. Demnach reagiert eine Sau auf die Vokalisation ihrer Ferkel mit der Rückkehr zu ihnen, wenn sie die Möglichkeit hat, sich z. B. in alternativen Abferkelsystemen von ihren Nachkommen zu entfernen (PAJOR et al., 1995). Bei Playbackversuchen mit Sauen als Testobjekt wurden ihnen Isolationslaute ihrer Ferkel vorgespielt. Dies bewirkte eine ausgiebige Erkundung der Lautsprecherregion und ging ebenfalls mit einer Vokalisation mütterlicherseits einher. Dieses Verhalten wird aber nur zwischen verwandten Tieren gefunden, d. h. die Sau erkennt ihre Nachkommen (und umgekehrt) anhand ihrer Vokalisation (MEYNHARDT, 1990; WEARY und FRASER, 1995b; ILLMANN et al. 2001a; PUPPE, 2008).

2.4.2 Schmerzlaut

Mit der Untersuchung von Schmerzlauten beschäftigten sich zahlreiche Autoren. Insbesondere wurde das Hauptaugenmerk auf die Vokalisation während der Kastration junger männlicher Ferkel gelegt (WHITE et al., 1995; WEARY et al., 1998; MARX et al., 1999; TAYLOR und WEARY, 2000; TAYLOR et al., 2001; MARX et al., 2003; PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al., 2006; LEIDIG et al., 2009). Dabei wurden die Laute primär in zwei Kategorien eingeteilt, zum einen in hochfrequente (> 1.000 Hz) und zum anderen in niederfrequente (< 1.000 Hz) Laute (TAYLOR et al., 2000; TAYLOR et al. 2001; PUPPE et al. 2005; SCHÖN et al., 2006).

SCHÖN et al. (2006) benutzten für die Analyse der Laute zwei verschiedene Lautanalyseprogramme, die gut zu differenzierende Lautparameter ergaben. Mit dem Programm Avisoft SASLab Pro®¹ (Avisoft Bioacoustics, Berlin) wurden zunächst die Laute in nieder- und hochfrequente (Peakfrequenz < 1.000 Hz bzw. > 1.000 Hz) Laute eingeteilt. Weiterhin konnten mit diesem Programm folgende Lautparameter ermittelt werden: Anzahl Laute pro Zeiteinheit, Lautdauer, Peakfrequenz der Laute, Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil und Entropie.

Die hochfrequenten Laute, die als Stresslaute definiert wurden, wurden genutzt um 12 LPC-Koeffizienten (**L**inear **P**rediction **C**oding) für jeden einzelnen Lautabschnitt (100 ms) des Originallautes zu ermitteln. Über die gesamte Lautlänge beschreiben mehrere LPC-Vektoren den Laut. Mit Hilfe dieser LPC-Vektoren (klar definierter Stressschreie) konnte nachfolgend ein künstliches neuronales Netz (Kohonenetz) angelernt werden. Somit klassifiziert das Analyseprogramm STREMODO² (**STR**ess-**MON**itor und **DO**kumentations Einheit) Stresslaute und Nichtstresslaute.

Die Stresslaute dieser Arbeit waren Laute, die von männlichen Ferkeln während der Kastration abgegeben wurden. Die Kastration wurde dafür in drei verschiedene Phasen eingeteilt: in die präoperative, die operative und die postoperative Phase. Während dieser Phasen wurden zwischen 11 und 171 Laute pro Ferkel abgegeben. STREMODO erkannte aus den hochfrequenten Lauten 96,6 % Stressschreie. Weiterhin zeigten die Ergebnisse, dass während der Kastration die Lautdauer im Vergleich vor und nach der Kastration länger wurde. Weiterhin war die Peakfrequenz

1 Die Arbeitsweise von Avisoft SASLab Pro® ist in Abschnitt 2.5 (Automatische Klassifizierung von Lauten) ausführlich beschrieben

2 Die Arbeitsweise von STREMODO ist in Abschnitt 2.5 (Automatische Klassifizierung von Lauten) ausführlich beschrieben

hinsichtlich der postoperativen Phase höher und der Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil niedriger, d. h. die Tonlage wurde höher und die Reinheit des Lautes deutlicher (PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al., 2006).

Die Kastration ist immer gleichermaßen als sehr schmerzhaft anzusehen, wobei auch das Alter der Tiere wenig Einfluss auf die Vokalisation hat. TAYLOR et al. (2001) fanden keinen Einfluss des Alters (Kastration am 3., 10. oder 17. LT) auf die Anzahl niederfrequenter und tonaler Laute. Allerdings vokalisiert die jüngsten Ferkel weniger im hochfrequenten Bereich, deren Laute waren auch kürzer als die der älteren. Demgegenüber vermuteten WHITE et al. (1995), dass die Kastration ohne Lokalanästhesie für Ferkel, die älter als 8 Tage sind, eine höhere Stressbelastung darstellt als für jüngere. Dies machten die Autoren an der verminderten Vokalisation, speziell an der geringeren Lautenergie, fest.

MARX et al. (1999) fanden ähnliches heraus. Die Kastration 13 Tage alter Ferkel soll danach weniger belastend sein. Die Autoren ermittelten eine geringere Lautenergie bei den 13 Tage alten Ferkeln im Vergleich zu den anderen Ferkeln (Alter: 7 bzw. 19 Tage). Die Kastrationsphasen Vorverlagern und Durchtrennen des Samenleiters verursachen offenbar die größten Schmerzen (HORN et al., 1999; TAYLOR und WEARY, 2000). MARX et al. (1999) zogen die Lautenergie als Parameter für Belastungszustände heran. Es traten die größten Unterschiede zwischen den Energiegehalten in den o. g. Kastrationsphasen im Vergleich zu den übrigen Phasen (Fixation, Injektion der Lokalanästhesie, Lösen der Fixation) auf.

MARX et al. (2003) klassifizierten drei verschiedene Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie) während der Kastration, wobei ein Teil der männlichen Ferkel eine Lokalanästhesie bekam und die anderen konventionell kastriert wurden. Es zeigte sich, dass die Ferkel mit Lokalanästhesie halb soviel schrien wie die Vergleichstiere. Die Autoren beschrieben die Schreie als Schmerzäußerung. So waren die Laute der Ferkel ohne Lokalanästhesie länger und energiereicher. HORN et al. (1999) merkten an, dass es in ihren Untersuchungen keine klaren Unterschiede zwischen den Kastrationen mit oder ohne Lokalanästhesie hinsichtlich der Schreiaktivität gab. Die Autoren fanden jedoch Unterschiede zwischen den einzelnen Würfen, so dass die Lautäußerungen von der genetischen Herkunft abhängig zu sein scheinen (keine Angabe über die Rasse).

Neben der charakteristischen Lautgebung während der Kastration sind andere Schmerzlaute des Ferkels durchaus wichtig und lebensrettend. Einer davon ist das laute, hohe Schreien der Ferkel, wenn die Gefahr besteht, von der Muttersau erdrückt zu werden. Dies soll die Muttersau veranlassen, schnell aufzustehen, um eine Verletzung oder den Tod des Ferkels zu vermeiden (DYCK und SWIERSTA, 1987; WECHSLER und HEGGLIN, 1997; ILLMANN et al., 2008).

2.4.3 Laute bei Diskomfort

Alle bisher beschriebenen Laute stehen fast immer mit Unbehagen in Zusammenhang. Im folgenden Abschnitt soll die Lautgebung unter Beachtung von Umgebungstemperatur und Hungerzuständen behandelt werden.

In den Untersuchungen von WEARY und FRASER (1995b) wurden die Vokalisationshäufigkeit und einige Lautparameter [Lautlänge (Sek.), Frequenz der maximalen Amplitude (kHz)] von Saugferkeln untersucht, bei denen ein Teil der Ferkel gerade gesäugt und der andere Teil vom Säugen abgehalten wurde. Es waren Ferkel, die entweder eine hohe Lebendmasse und gute Zunahmen ($\bar{\varnothing}$ 3.730 \pm 190 g LM; 186 \pm 15 g tägliche Zunahme) hatten oder leicht waren und schlechte Zunahmen ($\bar{\varnothing}$ 2.350 \pm 130 g LM; 78 \pm 15 g tägliche Zunahme) zeigten. Diese Ferkel wurden einer 13-minütigen Isolation unterzogen.

Die Vokalisationshäufigkeit der ungesäugten Ferkel und der leichten Ferkel lag höher als die der Vergleichsferkel; ebenso die Lautlänge und die Frequenz. Um die Anzahl der Laute höherer Frequenz besser darzustellen, teilten die Autoren die Laute in 3 Klassen (< 250 Hz, 250 - 500 Hz, > 500 Hz). Dabei zeigte sich, dass die ungesäugten und leichten Ferkel signifikant mehr hochfrequente Laute (> 500 Hz) abgaben als die Vergleichstiere.

Diese Lautäußerungen beschrieben die Autoren als „honest signalling“, die den Grad der Bedürftigkeit des Ferkels nach Nahrung widerspiegelt.

Ähnliche Untersuchungen wurden von WEARY et al. (1996) durchgeführt. Es wurden abermals zwei Vergleichsgruppen gebildet. Die erste Gruppe entsprach den „needy piglets“. Diese Ferkel waren die Leichtesten mit einer geringen täglichen Zunahme, ungesäugt, die eine Isolation in einem 13 – 15 °C kalten Raum durchliefen. Die zweite Gruppe waren die „un-needy piglets“. Sie waren die Schwersten mit guten

täglichen Zunahmen, gesäugt und die Isolation fand in einem 21 – 24 °C warmen Raum statt. Abermals konnte festgestellt werden, dass die „needy piglets“ mehr vokalisiert, die Frequenzen höher und die Lautlänge länger war als bei den Vergleichsferkeln. In einem weiteren Untersuchungspunkt wurde die Vokalisation beider Ferkelgruppen für Playback-Versuche mit Sauen genutzt. Die Ergebnisse ergaben, dass die Vokalisation der „needy piglets“ die Sau dazu veranlassten, sich schneller in Richtung Lautsprecher in Bewegung zu setzen, sich länger davor aufzuhalten und mehr zu vokalisieren. Dabei hatte der Verwandtschaftsgrad zwischen Sau und Ferkel wenig Einfluss, obwohl die Reaktion auf die Vokalisation der eigenen Ferkel etwas schneller war. Daraus ist ersichtlich, dass es Lautunterschiede gibt, die die verschiedenen Bedürfnisse der Sender (Ferkel) widerspiegeln.

Die Nahrungsaufnahme ist ein essentielles Bedürfnis jedes Lebewesens. Wird ihm diese verwehrt, reagiert es auf verschiedene Weise. Bei Saugferkeln wurde untersucht, wie sie sich verhalten, wenn ihre bevorzugte Zitze an der Muttersau inaktiviert wurde. Die Ergebnisse fassten APPELBY et al. (1999) wie folgt zusammen: Die Mehrzahl der Laute ($70 \pm 7 \%$) waren vor der Milchejektion bzw. beim Kampf um eine andere Zitze zu verzeichnen, wobei charakteristische Schreie abgegeben wurden. Die übrigen Laute wurden meist in der Nähe des Kopfes der Sau geäußert. Dies waren Schreie aber auch der sogenannte „quack“, der oftmals auch als Abfolge mehrerer Laute abgegeben wurde.

DÜPJAN (2008) untersuchte die Lautäußerung bei heranwachsenden Schweinen, wenn diesen 2 min später Futter vorgelegt wurde als den anderen Artgenossen. Die Autorin berechnete mit Hilfe des Analyseprogramms Avisoft SASLab Pro® u. a. die Lautdauer, Peakfrequenz und die Entropie. Die abgegebene Vokalisation waren lange, harmonische Laute mit einer Lautlänge von $1,77 \pm 0,98$ Sek., einer Peakfrequenz von 1.021 ± 644 Hz und einer Entropie von $0,67 \pm 0,10$.

Schon andere Autoren (SCHÖN et al., 2004; BASSET und BUCHANAN-SMITH, 2007) stellten fest, dass die Vokalisationshäufigkeit und das Ausrufen von Stressschreien bzw. vermehrtes aggressives Verhalten vor der Fütterungszeit zu beobachten waren.

ILLMANN et al. (2001b) untersuchte die „croaking vocalization“ (Quaken) bei Saugferkeln. Die Autoren wollten u. a. darstellen, ob dieser Vokalisationstyp die Fitness der Ferkel widerspiegelt. Dafür wurden die Ferkel hinsichtlich des Säugetintervalls während des 24-stündigen Experiments in zwei Gruppen geteilt (Gruppe MIN35³; Gruppe MIN70⁴) und die Vokalisationshäufigkeit vor und nach der Milchejektion beurteilt. Die Gruppe MIN70, die zudem auch geringere Zunahmen aufwies ($141 \pm 1,5$ g) als die Gruppe MIN35 ($195 \pm 1,7$ g), zeigte nach der Milchejektion signifikant mehr Vokalisation des Lauttyps, nicht aber davor.

Weiterhin wurde die Vokalisation abhängig von der aufgenommenen Milchmenge, dokumentiert durch Wiegen vor und nach dem Saugakt, untersucht. Nur bei der Gruppe MIN35 ergaben sich Unterschiede. Ferkel, die nach dem Säugen vokalisiert, nahmen durchschnittlich 20,1 g Milch auf, wohingegen die Ferkel, die nicht vokalisiert, durchschnittlich 5 g mehr Milch aufnahmen. Die Autoren resümierten, dass der untersuchte Vokalisationstyp weder die Fitness (Zunahmen) noch die Milchaufnahme klar widerspiegelte. Es konnte nur gesagt werden, dass die Vokalisationshäufigkeit bei gesättigten Ferkeln sinkt.

2.5 Automatische Klassifizierung von Lauten

Die subjektive Einteilung von Lauten in bestimmte Lautkategorien birgt immer Angriffspunkte und Fehleinschätzungen. Deshalb gibt es seit längerem Bemühungen, eine Automatisierung der Vokalisationsklassifikation zu ermöglichen. An Beispielen soll in diesem Abschnitt die automatische Vokalisationsanalyse mittels STREMOD0 (Big Dutchmann GmbH, Vechta) und das Lautanalyseprogramm AVISOFT SASLab Pro® (Avisoft Bioacoustics, Berlin) beschrieben werden.

Das Ausstoßen von Schreien ist ein Zeichen für eine physische und psychische Belastung der Schweine. Dies äußert sich in hochfrequenten und langen Lauten (SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006). Diese Vokalisation wurde genutzt, um eine automatische Klassifizierung von Stresslauten zu entwickeln.

3 Säugetintervall der Gruppe MIN35 alle 35 min (experimentell hervorgerufen durch Trennung von Mutter und Ferkel)

4 Säugetintervall der Gruppe MIN70 alle 70 min (experimentell hervorgerufen durch Trennung von Mutter und Ferkel)

STREMOD (Stressschrei-Monitor- und Dokumentationseinheit; Big Dutchmann GmbH, Vechta) wurde auf Basis des Programmiersystems LabVIEW® Run-Time 7.0 entwickelt und ist in der Lage, Stressschreie von Schweinen zu erkennen (MANTEUFFEL und SCHÖN, 2004; SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006).

Die Charakterisierung der Stresslaute erfolgt durch LPC-Koeffizienten (Linear Prediction Coding). Es stellte sich heraus, dass 12 LPC-Koeffizienten die Laute sinnvoll beschreiben. Der Einzellaut wird in 100 ms Zeitabschnitte gesplittet und dafür werden jeweils 12 LPC-Koeffizienten berechnet. Diese 12 LPC-Koeffizienten bilden den LPC-Vektor. Über die gesamte Lautlänge charakterisieren somit ein oder mehrere LPC-Vektoren (abhängig von der Lautlänge) den Laut. Das so entstandene LPC-Modell beschreibt auf diese Weise die Resonanzfrequenzen des Vokaltraktes (SCHÖN et al., 2003, 2004; SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006). Diese entstehen durch die unterschiedlichen Strukturen im Vokaltrakt.

Künstliche neuronale Netze (Kohonen-Netz) werden mit entsprechenden Eingabedaten, im oben genannten Fall mit den LPC-Koeffizienten, angelernt. So erfolgt eine Ermittlung von Ähnlichkeiten zwischen diesen Daten, welche eine lokale Datendicht an den entsprechenden Stellen des Netzes hervorruft. Diese Bereiche mit einer dichten Datenmenge werden als großflächige Bereiche auf dem künstlichen neuronalen Netz abgebildet und erlauben somit eine graphische Darstellung des Klassifizierungsergebnisses. Die Inputmenge verschiedener Daten (z. B. unterschiedliche Anzahl LPC-Vektoren zwischen verschiedenen Lauttypen) ist unabhängig von der graphischen Darstellung, als 3D-U-Matrix bzw. als zweidimensionales Bild.

Das Anlernen eines künstlichen neuronalen Netzes (Kohonen-Netz) erfolgte mit eindeutig definierten Stressschreien, die durch eine Immobilisierung der Schweine, durch Festhalten, den Back-Test oder die Kieferschlinge hervorgerufen wurde. Dafür wurden Schweine unterschiedlichen Alters der Deutschen Landrasse genutzt. Da auch andere Situationen (ungünstige [kalte] Umgebungstemperaturen, Futterrestriktion, Transport der Tiere) Stressvokalisation auslösen, wurden auch diese Laute dem neuronalen Netz antrainiert, um eine Vielzahl von verschiedenen Stresslauten zu erreichen. Im weiteren Schritt mussten Vergleichslaute [Nicht-Stresslaute (andere Lautäußerungen oder technischer Lärm)] dem neuronalen Netz zugeführt werden. Auf diese Weise ist es möglich, Stresslaute mit Hilfe von

STREMODO mit einer Sicherheit von bis zu 100 % von anderen Lautäußerungen und Störgeräuschen zu separieren und graphisch darzustellen (SCHÖN et al., 2001; MANTEUFFEL und SCHÖN, 2004; SCHÖN et al., 2004).

Dieses Analyseprogramm kann in Echtzeit über Computer die aktuelle (Laut-)Situation in einem Schweinestall darstellen. So wurde dieses Verfahren erfolgreich unter Praxisbedingungen eingesetzt, um die Stressbelastung der Tiere bei unterschiedlichem Tier-Fressplatz-Verhältnis (6 : 1 vs. 1 : 1) und rationierter Fütterung zu beurteilen. Auf diese Weise kann der Anteil der Stressvokalisation während der Fütterungszeit aufgezeigt werden (SCHÖN et al., 2004; SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006). Mit diesen Erkenntnissen kann somit das Management in der Schweinehaltung optimiert werden (SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006).

Auch Untersuchungen zur optimalen Umgebungstemperatur wurden mit Hilfe von STREMODO durchgeführt. Durch die Absenkung bzw. Erhöhung (Temperaturschwankung zwischen 4 und 26 °C) der Stalltemperatur bei Mastschweinen unterschiedlicher Gewichtsklassen trat eine gesteigerte Stressvokalisation auf. Diese stand mit einer vermehrten Haufenlage und der damit zusammenhängenden Unruhe im Stall im Zusammenhang (HILLMANN et al., 2004; SCHÖN und MANTEUFFEL, 2006).

Mit Hilfe der beschriebenen Methodik können nicht nur allgemeine Stresslaute charakterisiert werden, es besteht auch die Möglichkeit, einzelne Tiere zu unterscheiden, das heißt die Individualität der Laute darzustellen. In Untersuchungen von SCHÖN et al. (2001) konnten Stresslaute dreier Saugferkel mit einer Fehlerquote von < 3 % diesen auch zugeordnet werden.

Auch die ethologische Beurteilung der Kastration männlicher Ferkel wurde mit STREMODO bewertet (PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al., 2006). In diesen Untersuchungen gingen nicht allein die Daten bzw. der Anteil der Stressvokalisation, die durch STREMODO klassifiziert wurden ein, sondern auch physikalische Parameter, die einen Laut näher beschreiben. Dies wurde mit dem Analyseprogramm Avisoft SASLab Pro® (Avisoft Bioacoustics, Berlin) durchgeführt.

Avisoft SASLab Pro® ist ein Analyseprogramm, welches ursprünglich für die Untersuchung der Vokalisation von Vögeln entwickelt wurde. Durch die Vielzahl von Möglichkeiten zur Beschreibung von Lauten ist es auch für die Vokalisation von Schweinen geeignet. Es verfügt über eine Reihe von Lautbearbeitungs- und Analyseschritte, die eine umfangreiche Lautanalyse ermöglichen. Die Lautdaten können direkt über das Programm aufgenommen werden und stehen somit gleich zur Verfügung. Für die Analyse von Schweinelauten, speziell Stresslaute, die nachfolgend mit STREMODO analysiert wurden, wurde eine Klassifizierung der Laute in nieder- und hochfrequente Laute (Peakfrequenz < 1.000 Hz bzw. > 1.000 Hz) vorgenommen, so dass die hochfrequenten Laute STREMODO zugeführt werden konnten. Die hochfrequenten Laute wurden qualitativ anhand bestimmter Lautparameter mittels Avisoft SASLab Pro® beschrieben. Aus mehreren prüfbar Parametern wurden folgende ausgewählt: die Anzahl Laute pro Zeiteinheit (pro Sek.), die Lautdauer, die mittlere Peakfrequenz, der Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil und die Entropie (PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al., 2006).

Die Peakfrequenz beschreibt die Frequenz bei dem höchsten Amplitudenausschlag. Der Abstand zwischen dem 75%- und 25%- Frequenzquartil wird als Maß für die Breitbandigkeit des Signals verwendet, so ist eine geräuschhafte Vokalisation mit einem größerem Abstand der Quartile verbunden als Pfeiflaute, die einen kurzen Abstand zwischen dem 75%- und 25%- Frequenzquartil aufweisen. Die kleinen Entropiewerte weisen auf eine Konzentration der Schallenergie auf wenige Frequenzen auf, wohingegen große Werte bei breitbandigen Signalen auftreten, deren Frequenzen unregelmäßig sind.

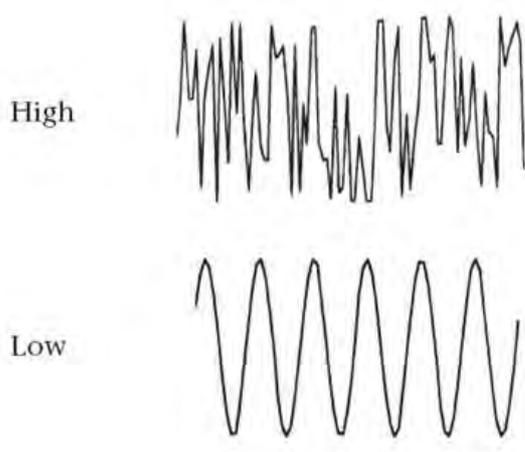


Abbildung 3: Darstellung eines Tonsignals mit einer hohen (High) bzw. niedrigen (Low) Entropie nach TCHERNICHOVSKI et al. (2000)

Avisoft SASLab Pro® bietet weitere Parameter zur Bestimmung von Lauteigenschaften an, z. B. die Grundfrequenz, die Minimale und Maximale Frequenz und die Peak Amplitude. All diese Parameter können mit der im Programm enthaltenen Statistik auf deren Minimal-, Maximal- und Mittelwerte sowie Mediane, Standardabweichung und der Anzahl berechnet werden (Avisoft SASLab Pro User's Guide, 2010).

Eine graphische Darstellung aller bzw. einzelner Laute ist durch Oszillogramme (Darstellung der Laute im Amplituden : Zeit-Diagramm) und Spektrogramme, die die Frequenz gegen die Zeit darstellen, möglich. Somit kann eine erste visuelle Einteilung der Laute nach bestimmten Kriterien durchgeführt werden. Dies wendeten auch von BORELL et al. (2009) an, wobei 3 Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie) hinsichtlich der Parameter niedrige/mittlere/hohe Energie im Laut und die Tonalität unterschieden wurden. Eine weitere objektive Klassifizierung der Laute erfolgte durch die Anwendung einer Diskriminanzfunktion. Dafür wurden zwei verschiedene Vorgehensweisen untersucht und miteinander verglichen. Zum einen wurden die Laute unter Laborbedingungen, zum anderen unter Praxisbedingungen aufgenommen. Der Unterschied bestand darin, dass im ersten Fall ein definierter Abstand zwischen Ferkel (während der Kastration; Experiment 1; kalibrierter Parameter) und Mikrofon herrschte und im Letzteren der Abstand zwischen Ferkel und Mikrofon variierte (Experiment 2; unkalibrierter Parameter). Die so ermittelte absolute (Exp. 1) und relative Lautenergie (Exp. 2) diente als einer von vielen Parametern der Diskriminanzfunktionen. Durch die Diskriminanzfunktionen, unter kalibrierten und nichtkalibrierten Bedingungen, wurden die 3 Lauttypen automatisch klassifiziert, wobei eine Übereinstimmung der Lautklassifikation beim Vergleich kalibriert/nichtkalibriert von 87 % bestand.

Somit kann die Methode der Diskriminanzfunktion zur Klassifizierung von Lauten auch unter Praxisbedingungen angewandt werden. Die Fehlerquote der Lautklassifizierung beim Vergleich unter kalibrierten bzw. nichtkalibrierten Bedingungen ist der Energieverteilung im Laut geschuldet, da diese im Lauttyp des Grunzers und des Schreis Ähnlichkeiten aufweist (von BORELL et al., 2009).

2.6 Aspekte der Tagesperiodik

Im folgenden Abschnitt soll ein kurzer Überblick über den Tagesrhythmus der Wild- und Hausschweine dargestellt werden, da die Tageszeit einen Einfluss auf das Aktivitätsverhalten (u. a. Lokomotion) der Tiere ausübt. Über die Tagesperiodik von Saugferkeln ist in der Literatur wenig beschrieben (SCHRENK und MARX, 1982a), da diese hauptsächlich vom Management und dem Säugerhythmus abhängig ist. Weiterhin konnte keine Literatur über die Vokalisation(-shäufigkeit) im Tagesverlauf gefunden werden.

Die Aktivität im Tagesverlauf folgt, je nach Tierart, einem bestimmten Rhythmus. Es gibt das monophasische Aktivitätsmuster, bei dem nur eine Aktivitätsphase während des Tages zu verzeichnen ist. Sie steigt stetig an und fällt ebenso kontinuierlich wieder ab. Tiere mit einer zweigipfligen Tages- bzw. Nachtaktivität, so wie es auch bei den Haus- und Wildschweinen zu finden ist, zeigen polyphasisches Verhalten. Die Tagesaktivität bei Schweinen geht mit der Aktivität des Alternanstyps einher (BRIEDERMANN, 1971; MARX et al., 1988). Dies bezeichnet eine andere Form der Tagesaktivität, bei der es ein Haupt- und ein weiteres Nebenmaximum gibt, wobei das Nebenmaximum größer ist als das Hauptmaximum (VAN PUTTEN, 1978). Bei den meisten Tieren liegen beide Maxima in derselben Tageshälfte (entweder in der Licht- oder in der Dunkelzeit) (ASCHOFF, 1957; ASCHOFF, 1962). In den Untersuchungen von BRIEDERMANN (1971) zeigt auch der Stand des Mondes eine deutliche Beeinflussung der Aktivität. Dabei reicht die Aktivitätsphase weit in die Dunkelheit hinein.

In der freien Wildbahn lebende Wildschweine sind dämmerungs- und nachtaktive Tiere (INGRAM und DAUNCEY, 1985). BRIEDERMANN (1971) stellte anhand von Erlegungszeiten und der Analyse von Mageninhalt ein Hauptmaximum in der Abenddämmerung und ein Nebenmaximum in der Morgendämmerung fest. Jedoch gibt es Anhaltspunkte dafür, dass dieser Tagesablauf auf den Einfluss des Menschen (Bejagung) zurückzuführen ist. HEPTNER et al. (1966) führten an, dass in dünn besiedelten Gebieten oder in Gattern lebende Wildschweine eine Aktivität in der Lichtphase aufweisen. Diese schwankt zwischen 14,8 und 54 Minuten pro Stunde in der Lichtphase (= Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang), während in der

Dunkelphase die Aktivität zwischen 0,5 und 25,1 Minuten pro Stunde betrug. Je kürzer die Lichtphase war (Wintermonate), desto höher war die Aktivität.

LEXER et al. (2001) definierte ein deutliches Aktivitätshoch bei Absatzferkeln in der ersten Tageshälfte und ein weniger ausgeprägtes am Nachmittag, das einem biphasischen Aktivitätsrhythmus folgt. Dies deckt sich nicht mit den Aussagen von BRIEDERMANN (1971) und MARX et al. (1988). Jedoch konnte sich ein biphasischer Rhythmus bei verschiedenen Gruppengrößen, Gruppenzusammenstellungen und Besatzdichten unterschiedlich schnell manifestieren (SCHRENK und MARX, 1982a, 1982b; MARX, et al., 1988).

In der Arbeit von SCHRENK und MARX (1982a) sowie ELKMANN (2007) konnte im Gegensatz zu LEXER et al. (2001) eine höhere Aktivität in den Nachmittagsstunden beobachtet werden. Die Aktivität von Saug- und Absetzferkeln und Mastschweinen in den Morgenstunden hängt eng mit den Bewirtschaftungszeiten im Stall zusammen. ELKMANN (2007) fand außerdem Unterschiede in der Tagesrhythmik, die abhängig von der Lichttagslänge waren.

SCHRENK und MARX (1982b) sahen neben der Fütterungszeit ebenfalls die Photoperiode als wichtigen Einflussfaktor für die motorische Aktivität. In den Untersuchungen wurde festgestellt, dass nach einer einmaligen rationierten Fütterung am Vormittag ein erster Aktivitätspeak zum Zeitpunkt der Fütterung und ein zweiter in den Nachmittagsstunden zu verzeichnen war. Auch bei Untersuchungen, in denen eine kurze nächtliche Beleuchtung des Stalls (22:30 – 23:00 Uhr) vollzogen wurde, konnte ein Aktivitätspeak rund um die Kurzzeitbeleuchtung festgestellt werden (SCHRENK und MARX, 19982b).

In der Literaturstudie über die Tagesperiodik der Schweine von INGRAM und DAUNCEY (1985) wurde auch die Lokomotion diskutiert. In dieser wurde dargestellt, dass bei jungen Schweinen ein Aktivitätspeak in der zweiten Hälfte der Lichtphase (12 h Lichttaglänge), der bis in die Dunkelphase hineinreichte, vorhanden ist. Bei Untersuchungen mit einer 24-stündigen Beleuchtung verschwand der vorher aufgeführte Aktivitätsrhythmus ganz oder teilweise innerhalb von ein paar Tagen. Eine Verschiebung der Lokomotion in die Dunkelphase war ebenfalls von der Umgebungstemperatur in der Lichtphase abhängig, wenn die Temperatur in der Lichtphase 35 °C und in der Dunkelphase 25°C betrug.

BRIEDERMANN (1971) bezifferte den Anteil der Lokomotion in der Aktivitätsphase bei Wildschweinen mit 10 %, wobei das Alter der Tiere eine große Rolle spielt. Die langsame Fortbewegung ist unter natürlichen Bedingungen vermehrt anzutreffen.

2.7 Verhalten junger Ferkel im Open Field

Der Open Field Test ist heute eine gängige Methode, um Tiere in eine standardisierte Situation zu bringen, bei der Verhalten, wie z. B. Exploration, Lokomotion, Vokalisation und Elimination, beobachtet und beurteilt werden kann. Diese Verhaltensweisen können als Indikator für den aktuellen Gemütszustand der Tiere genutzt werden.

Der innere Konflikt der Tiere, einerseits die gesteigerte Erregung mit Flucht Tendenzen und andererseits die Neugier mit dem dazugehörigen Erkundungsverhalten, lässt eine Beurteilung der Emotionalität nicht nur bei Labortieren zu (GATTERMANN, 1993).

Die eigene Motivation und z. T. auch das Alter der Tiere spielen für das Verhalten im Open Field eine große Rolle. In Gruppen gehaltenen Tieren bereitet es mehr Schwierigkeiten, sich an eine kurzzeitige Trennung von Artgenossen zu gewöhnen (FORKMAN et al., 2007).

(Saug)-Ferkel, die in eine ungewohnte Umgebung verbracht werden, getrennt von Geschwisterferkeln oder Buchtengenossen, haben eine charakteristische Lautgebung, die ebenfalls mit einer erhöhten Aktivität in Zusammenhang steht. Die charakteristische Lautgebung während einer Isolationssituation wurde bereits im Abschnitt 2.5.1 (Isolationslaut) besprochen.

2.7.1 Lokomotion und Fluchtverhalten

Ein wiederholtes Aussetzen in einer Testsituation, wie es der Open Field Test ist, führt häufig zu einer Gewöhnung an die jeweilige Situation (FORKMAN et al., 2007). Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass Verhaltensweisen, die bei einer komplett neuen Situation gezeigt werden, mit der Zeit an Häufigkeit und Ausprägung abnehmen. Zu einer Abnahme der Open Field-Aktivität nach wiederholten Isolationen

in OF-Tests kam es auch in den Untersuchungen von KANITZ et al. (2004) und HEBERER (2006).

BÜNGER et al. (2000) und HILLMANN et al. (2003) zeigten in Untersuchungen an Saugferkeln aus verschiedenen Abferkelsystemen, dass eine unterschiedliche Aufzucht von Saugferkeln einen Einfluss auf die Open Field-Aktivität darstellt. Dabei wurden Ferkel aus Einzelabferkelungssystemen (EAS) und Gruppenabferkelungssystemen (GAS) miteinander verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass Ferkel aus dem GAS die neue Umgebung während des Isolationsversuches im OF entspannter erkundeten als Ferkel aus den EAS. Dies wurde anhand der durchlaufenen Quadrate, mit denen die Lokomotion während des OF-Tests beurteilt wurde, gemessen. Die GAS-Ferkel erkundeten aktiv die neue Umgebung. Die Autoren beschrieben das Explorationsverhalten durch eine langsame Fortbewegung. Ferkel aus den EAS unternahmen mehr Anstrengungen, nach der Muttersau bzw. Geschwistern zu suchen, was eine höhere lokomotorische Aktivität zur Folge hatte. Die Autoren vermuteten, dass dies mit der Tatsache zu tun hat, dass sich die GAS-Ferkel schon zeitig im Gruppenhaltungssystem frei bewegen und somit auch kurzzeitig von der Muttersau und den Wurfgeschwistern getrennt sind. Im Gegensatz dazu sind die EAS-Ferkel ständig mit ihrer Mutter und dem Wurfverband zusammen. Auch wurde die erhöhte Erregung der EAS-Ferkel durch das gezeigte Ausbruchverhalten (Aufrichten bzw. Hochspringen gegen die Buchtenwand) bestätigt. Besonders in den letzten Minuten des 10-minütigen Tests wurde diese Verhaltensweise vermehrt beobachtet. Dies legte sich in der dritten Testperiode, die 8 Tage nach dem Absetzen durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse von TAYLOR und FRIEND (1986) ergaben eine 40 % höhere Lokomotion während eines Open Field Tests bei Tieren, die aus unterschiedlicher Haltung kamen. Es wurden heranwachsende Schweine aus einer Freilandhaltung mit Schweinen aus konventioneller Haltung verglichen. Das Open Field war ein Teil einer Weide. Die Schweine aus konventioneller Haltung legten während des 5-minütigen Tests durchschnittlich $35,7 \pm 2,6$ m zurück, da sie mehr exploratives Verhalten (wühlen, schnüffeln) zeigten als die Tiere aus Freilandhaltung ($60,5 \pm 4,3$ m).

SCHRADER (1996) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass sich die Lautgebung in Richtung harmonischer Laute verschob, wenn die Lokomotionsaktivität und die Gittermanipulationen (Ausbruchversuche) zunahmen.

FRASER (1975a) erfasste während eines OF-Tests ebenfalls die Lokomotion. Dafür wurde die Untersuchungsbucht in 6 gleich große Rechtecke (Buchtengröße 1,8 m x 2,4 m) geteilt und per Hand die Anzahl der durchlaufenen Abschnitte gezählt. Voraussetzung war, dass die Ferkel mit allen vier Füßen innerhalb des Rechteckes stehen. Hinsichtlich der Lokomotion gab es eine Schwankung von 16 – 79 durchlaufenen Abschnitten, wobei einige Ferkel gegen die Buchtenwände sprangen, um der Situation zu entkommen.

Nur BUCHENAUER und MAYER (1988) führten, einen direkten Vergleich der Lokomotion zwischen verschiedenen Genotypen durch. Die Autoren stellten einen direkten Zusammenhang zwischen dem Verhalten im Open Field und der Genotyp fest (DL reinerbig vs. DL x Du). Die DL-Ferkel warteten durchschnittlich 16,5 Sek., bevor sie sich im Open Field in Bewegung setzten. Dahingegen starteten die DL x Du-Ferkel schon nach durchschnittlich 12,9 Sek. die Erkundung. Die Lokomotion wurde anhand des Zählens der durchlaufenen Quadrate (je 30 cm²) des OF ermittelt. Auch hierbei zeigten sich die Kreuzungsferkel aktiver, mit 39,1 durchlaufenen Segmenten vs. 30,4 bei den Tieren der reinerbigen Deutsche Landrasse. Die Autoren berichteten, dass sowohl die Rasse als auch der Vater und die Mutter Einfluss auf die Open Field-Aktivität ausüben. Das Körpergewicht konnte als Einflussfaktor nicht bestätigt werden.

PUPPE et al. (2003) und PUPPE (2008) spielten Ferkeln in der ersten und fünften Lebenswoche das Säugegrunzen der eigenen Mutter, einer anderen Sau oder einen künstlich konzipierten Säugelaut vor. Dabei stellten die Autoren fest, dass eine Präferenz zur Vokalisation der eigenen Mutter besteht. Weiterhin führte die Vokalisation der Mutter zu einer verminderten Open Field-Aktivität des Ferkels, was vermutlich mit dem beruhigenden Aspekt der Muttervokalisation zusammenhängte.

JENSEN et al. (1995) konnten ebenfalls einen Muttereffekt in Bezug auf die Open Field-Aktivität (Lokomotion und Exploration) bei Saugferkeln feststellen. Hinsichtlich der einzelnen Anteile der Open Field-Aktivität an der Gesamtzeit des Tests wurde dargestellt, dass die Ferkel 33,2 % ± 10,1 % für die Exploration und 11,5 % ± 5,5 % für Laufen und Rennen aufbrachten. Auch BEILHARZ und COX (1967) fanden einen genetischen Einfluss auf die Open Field-Aktivität. Die Autoren berechneten eine Heritabilität von 0,12 bis 0,16 bezüglich des OF-Verhaltens bei väterlichen

Halbgeschwistern und 0,30 bis 0,49 bei Vollgeschwistern. Auch die Jahreszeit übte einen Einfluss auf die Open Field-Aktivität aus. Die Open Field Tests wurden in der Zeit Herbst 1963 und Frühjahr/Frühsummer 1964 durchgeführt, woraus sich eine geringere Open Field-Aktivität im Frühjahr/Frühsummer ergab, da die Tiere weniger Aktivität bei wärmeren Wetter zeigten.

2.7.2 Kot- und Urinabsatz

Schweine versuchen in allen Haltungsverfahren Kotplätze anzulegen, die sich außerhalb des Liegebereiches befinden (BUCHENAUER et al., 1981; WHATSON, 1985; MOLLET und WECHSLER, 1990; HOY, 2009). Saugferkel ab dem 5. Lebenstag urinieren und koten nicht in den Liegebereich (im Ferkelnest) (BUCHENAUER et al., 1981; WHATSON, 1985). Für die Elimination bevorzugen sie, wie auch die älteren Artgenossen, feuchte und helle Stellen sowie Buchtenecken (PETHERICK, 1982). Außerdem werden Kotplätze bevorzugt, die schon vorher als solche genutzt wurden. Der Geruch stellt einen ausschlaggebenden Faktor für das Eliminationsverhalten dar (WHATSON, 1985).

Das Ausscheidungsverhalten während eines Open Field Tests wird oftmals als Indikator für einen Erregungs- bzw. Angstzustand angesehen (SCHLICHTING und SMIDT, 1989; HEBERER, 2006; FORKMAN et al., 2007; HOY, 2009) Dabei unterliegt die Elimination in solchen Situationen dem Zufall (SCHLICHTING und SMIDT, 1989).

JENSEN et al. (1995) untersuchten das Open Field-Verhalten hinsichtlich des Eliminationsverhaltens von Saugferkeln im Alter von 3 und 7 Wochen sowie eine Woche nach dem Absetzen. Die Ergebnisse ergaben, dass der Anteil der Defäkation während des Open Field Tests bei $0,9 \% \pm 1,0 \%$ in Bezug auf die Gesamtzeit des Tests lag. Bei wiederholten Open Field Tests konnte eine Abnahme der Defäkation festgestellt werden. Dies zeigte sich an den Korrelationskoeffizienten des 1. und 2. OF-Tests (Korrelationskoeffizient: 0,51) im Vergleich zum Korrelationskoeffizient des 1. und 3. OF-Tests (Korrelationskoeffizient: -0,33).

Eine Abnahme der Häufigkeit der Kotabgabe während eines Open Field Tests bestätigten auch KANITZ et al. (2004) und HEBERER (2006).

HEBERER (2006) ermittelte den Kotabsatz zwischen zwei OF-Tests. Die Zeit zwischen diesen Tests betrug 4 Stunden. Ein Teil der Tiere wurde während dieser Zeit einer Isolationssituation ausgesetzt. Danach stellte die Autorin eine Abnahme der Kotalausscheidung fest. Sie begründete dies mit der Defäkation während der länger andauernden Isolation, die als Stressor auf die Tiere wirkt.

KANITZ et al. (2004) erklärten eine Abnahme der Frequenz der Kot- und Urinausscheidung während eines Open Field Tests durch die Gewöhnung an die jeweilige Situation.

2.8 Fragestellungen dieser Arbeit

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergaben sich folgende Fragestellungen, die in der vorliegenden Dissertation bearbeitet werden sollten.

- I. Welchen Einfluss haben der Genotyp (reinerbig Deutsches Edelschwein, Pietrain und Duroc; Rassekreuzung Deutsches Edelschwein x Pietrain und Deutsche Landrasse x Pietrain), das Geschlecht der Ferkel und die konsekutiven Würfe einer Sau auf die Anzahl der Lautäußerungen und das Verhalten (Lokomotion und Ausbruchversuche) in einem standardisierten Open Field Test?
- II. Haben der Genotyp und das Geschlecht Einfluss auf die Lautparameter (Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen 75%- und 25%-Frequenzquartil, Entropie) der einzelnen Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie)?
- III. Gibt es Unterschiede in den Körpermaßen zwischen den Genotypen und den Geschlechtern und wie wirken sich diese auf die Lautparameter aus?
- IV. Wie genau können die 3 Lauttypen automatisch klassifiziert werden?
- V. Können die Ferkel anhand der individuellen Verhaltens- und Lautparameter phänotypisiert werden?

3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen fanden auf der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof des Institutes für Tierzucht und HaustierGenotyp der Justus-Liebig-Universität Gießen statt.

Der Schweinebestand setzt sich aus ca. 90 produzierenden Sauen, deren Nachzucht sowie eigenremontierten Jungsauen zusammen. Es steht eine Gruppenhaltung auf Stroh für die güsten und tragenden Sauen zur Verfügung. Der Abferkelbereich setzt sich aus zwei Abferkelställen mit jeweils 16 Abferkelbuchten zusammen, die mit einem 8 : 16 Stunden Lichtregime betrieben werden. Die Abferkelbuchten sind, je nach Stall, eingestreut oder strohlos. Danach werden die Ferkel im Aufzuchtstall (160 Aufzuchtplätze) bis zu einem Alter von 74 Tagen aufgezogen und vorwiegend im betriebseigenen Maststall mit 424 Mastplätzen gemästet.

3.1 Open Field

Das Open Field ist ein 4 m² großer schallisolierter Raum, der mit einer KEN-Gummimatte (Fa. Kraiburg) ausgelegt ist. Diese bietet eine hohe Rutschfestigkeit, Trittschalldämmung sowie eine leichte Reinigung und Desinfektion. Die Decke und die Wände des Open Fields sind mit Pyramidenschäumstoff verkleidet, der zur Schallabsorption dient. Die Aufnahmetechnik befand sich in der Mitte des Open Field in einer Höhe von 100 cm (Mikrofon) bzw. 160 cm (Kamera). Mit Hilfe eines in 50 cm Höhe angebrachten Dataloggers (TinyTag – Fa. Gemini) wurde die Temperatur im OF im Minutentakt aufgezeichnet.

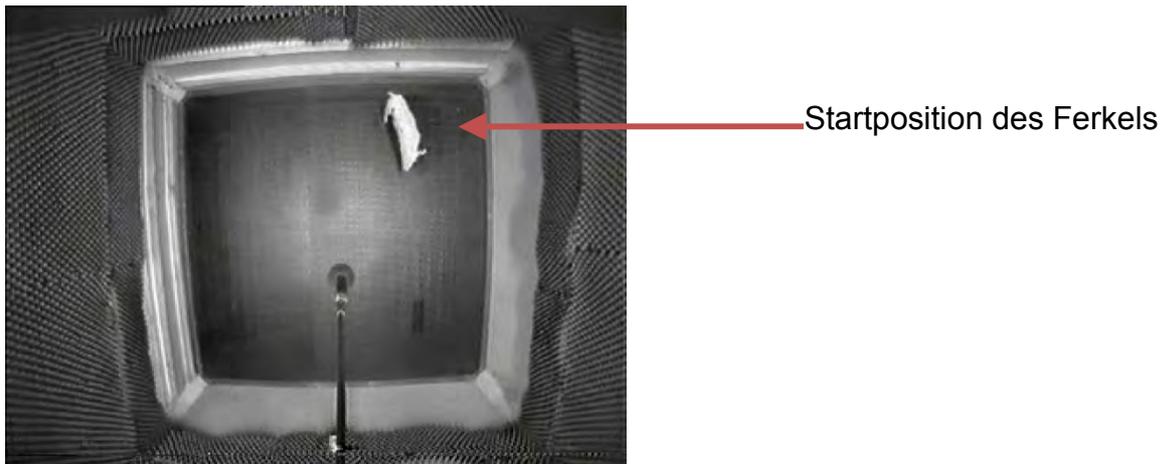


Abbildung 4: Darstellung des Open Fields

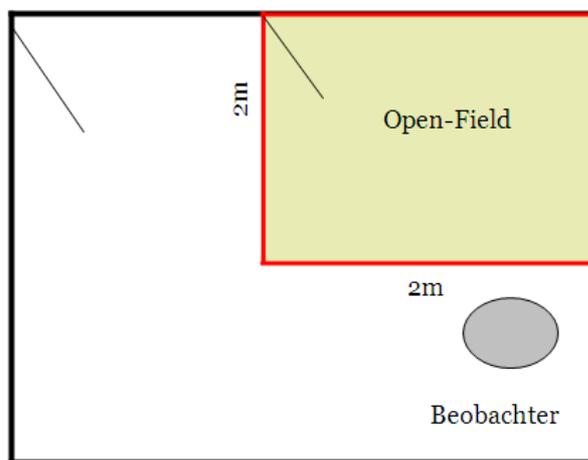


Abbildung 5: Skizze* der Untersuchungsanlage

*nicht maßstabsgetreu

3.2 Untersuchungszeitraum

Die gesamte Untersuchungsperiode erstreckte sich von Dezember 2006 bis August 2008. Dabei wurde die Zeit von Dezember 2006 bis August 2007 als Voruntersuchung genutzt.

Die Voruntersuchungen dienten zum Testen der Aufnahmetechnik, des Open Fields und der Software, inwiefern diese für die Analyse von Ferkellauten nutzbar ist. Während dieser Zeit stellte sich heraus, dass das Open Field unzureichend schallgedämmt war. Daher wurden zuerst Teppiche, später Pyramidenschaumstoff zur Schalldämmung an den Wänden und der Decke des Open Fields angebracht.

3.3 Tiere

Für die Untersuchungen standen Saugferkel der Lehr- und Forschungsstation zur Verfügung. Zur tierindividuellen Erkennung erhielten die Ferkel am ersten Lebenstag eine Tätowierung, die aus der Saunummer und einer fortlaufenden Ferkelnummer bestand. Die routinemäßigen Arbeiten, wie z. B. Schwänze kupieren, Eisengabe und Zähne schleifen, wurden in den ersten 3 Lebenstagen durchgeführt. Die Kastration der männlichen Tiere fand vor dem siebten Lebenstag statt.

Jeder Untersuchungstag beinhaltete eine unterschiedliche Anzahl Würfe. Diese war abhängig von der zur Verfügung stehenden Genotyp je Abferkelperiode und vom Alter der Tiere. Es wurden ausschließlich Ferkel ausgewählt, die den Rassen Deutsches Edelschwein (DE), Pietrain (Pi) und Duroc (Du) bzw. den Zweirassenkreuzungen DE x Pi und DL x Pi angehörten. Zum Untersuchungszeitpunkt waren die Saugferkel neun Tage alt. So wurden insgesamt 628 Ferkel am 9. Lebenstag der Testsituation im Open Field ausgesetzt.

Tabelle 1: Verteilung der Geschlechter und Anzahl der Würfe innerhalb der Genotypen

Genotyp	Anzahl männlicher Ferkel	Anzahl weiblicher Ferkel	Anzahl Würfe
DL x Pi	88	129	29
DE x DE	22	17	5
DE x Pi	76	65	19
Pi x Pi	96	95	24
Du x Du	19	21	5
gesamt	301	327	82

Die Würfe wurden gezielt nach Genotyp und Alter ausgewählt, wobei die Reihenfolge der Ferkel für die Untersuchungen im Open Field zufällig war. Die Tiere waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht klinisch erkrankt.

3.4 Untersuchungsablauf

In der Zeit von 7:30 – 17:00 Uhr erfolgte an ausgewählten Untersuchungstagen die Audio- und Verhaltensaufnahme im Open Field. Hierfür wurden maximal 6 Tiere eines Wurfes in eine separate Ferkelbox mit Wärmestrahler verbracht. Diese war räumlich, akustisch und visuell vom Untersuchungsraum getrennt. Danach wurden die Tiere einzeln per Hand in das Open Field verbracht, um eine 10-minütige Audio- und Verhaltensbeobachtung durchzuführen. Die definierte Startposition der Ferkel kann der Abbildung 4 (S. 44) entnommen werden.

Während des Open Field Tests wurden mittels Direktbeobachtung die Ausbruchversuche der Tiere mit Hilfe einer Strichliste gezählt und der Harn- und Kotabsatz dokumentiert.

Nach jedem Test wurde zusätzlich die Körperlänge und der Brustumfang der Ferkel gemessen und das Open Field gereinigt, um eine Verhaltensbeeinflussung des nachfolgenden Tieres durch Kot- und Harnabsatz zu vermeiden.

3.5 Technik

Die Laut- und Videoaufzeichnungen wurden mit einer Kamera (WP-BM 500 Panasonic) und einem Sennheiser ME 64 Kondensatormikrofon aufgenommen.

Die Videoaufzeichnungen erfolgten mit einem handelsüblichen Panasonic VHS-Langzeiteorekorder und Videokassetten (TDK TV 240).

Die Audioaufzeichnungen wurden mit einem Sennheiser Kondensatormikrofon und der PC-kompatiblen Audiosoftware Avisoft SASLab Pro® Recorder Version 4.40 (Avisoft Bioacoustics, Berlin) aufgenommen. Zwischen Mikrofon und Laptop wurde ein Behringer Composer Pro-XL MDX 2600, zur Vermeidung von Übersteuerungen, und ein 2 Mic/Line Compact Mixer AM 240 der Fa. Phonic mit Phantomspeisung⁵ für das Mikrofon zwischengeschaltet. Die Soundcard wurde für die Aufnahmen auf eine Abtastrate von 22,05 kHz und 16 bit eingestellt.

⁵ versorgt das Kondensatormikrofon mit einer Gleichspannung, um eine optimale Lautaufzeichnung für alle Aufnahmen zu gewährleisten

Die gesamte Technik und der Platz des Beobachters befanden sich im Vorraum des Open Field, um eine Beeinflussung des jeweils untersuchten Ferkels auszuschließen (Abb. 5; S. 44). Die Untersuchungsdauer für jedes Ferkel betrug 10 min. Danach wurde das Ferkel zu den Wurfgeschwistern in die Ferkelbox zurückgesetzt.

3.5.1 Beobachtungsmethode

Im *Vorfeld* der Untersuchungen wurde eine tierspezifische Identifikation vorgenommen. Dokumentiert wurde die Tätowiernummer, das Geburtsdatum, das Geschlecht, der Genotyp, das Gewicht und der Beginn des Open Field Tests sowie während des Tests der Urin- und Kotabsatz. Während der einzelnen Testperioden wurde per Direktbeobachtung in einem Ademco Video Monitor die Anzahl der Ausbruchversuche (= alle Sprünge bzw. das Aufstellen gegen die Wand, wobei das Tier auf den Hinterbeinen steht) durch Führen einer Strichliste erfasst.

Zur weiteren Analyse der aufgenommenen Laut- und Verhaltensweisen wurden die analog aufgenommenen Videosequenzen mittels WIN DVD Creator II digitalisiert. Die Audioaufnahmetechnik und -software erlaubten eine direkte Aufnahme der Lautsequenzen als digitales wav-Format.

3.5.2 Software und Einstellungen

Die Aufnahme und Analyse der Laute erfolgten mit dem Lautanalyseprogramm Avisoft SASLab Pro® Version 4.40 (Avisoft Bioacoustics, Berlin) sowie einem speziell entwickelten Analyseprogramm⁶ mit der Ausgangssoftware LabView (National Instruments, USA).

Die Lautaufnahmen erfolgten mit dem Avisoft SASLab Pro® Recorder. Nach Ablauf der fest eingestellten Zeit von 600 Sekunden wurde die 10 min Lautsequenz im Hauptfenster als Oszillograph (Amplituden-Zeit-Diagramm) und Spektrogramm (Frequenz-Zeit-Intensität-Diagramm) angezeigt. Diese 10 min-Sequenz wurde im wav-Format anhand der tierindividuellen Nummer (Saunummer_Ferkelnummer.wav) abgespeichert.

⁶ Einen herzlichen Dank für die Unterstützung gilt Herrn Dr. P.C. Schön (Leibniz-Institut für Nutztierbiologie)

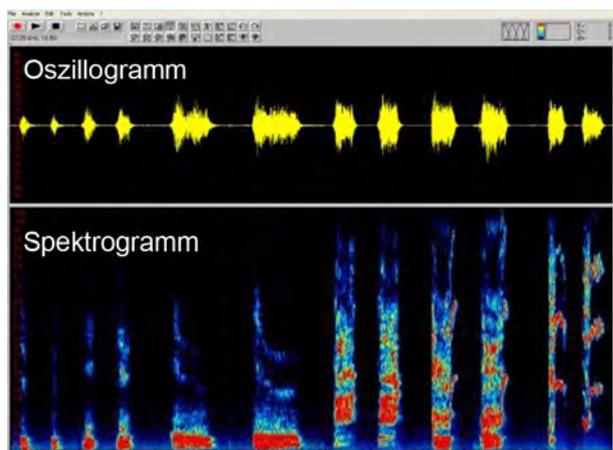


Abbildung 6: Darstellung des Hauptfensters von Avisoft SASLab Pro ®

Vor der Analyse der Lautsequenzen mussten zunächst einige Bearbeitungsschritte durchgeführt werden. Durch Heranzoomen der Laute konnten Störgeräusche (Schritte, Sprünge und Umgebungsgeräusche) mittels akustischem und visuellem Abgleich ermittelt und danach gelöscht werden. Die Lautsequenzen zwischen den weißen Balken stellen die Störgeräusche dar (Abb. 7).

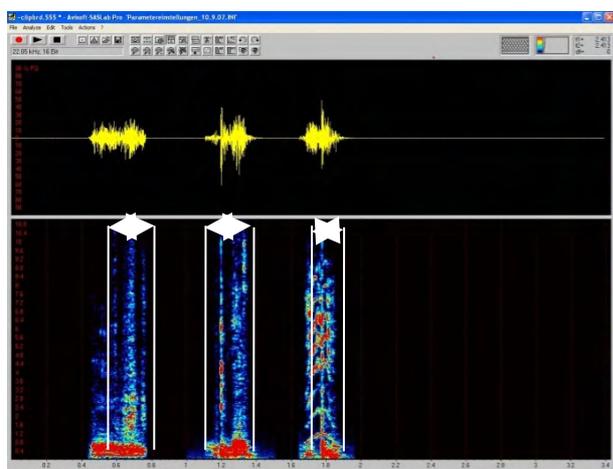


Abbildung 7: Darstellung von Lauten mit überlagerten Störgeräuschen

Diese erste überarbeitete Datei konnte zur Berechnung der Gesamtanzahl Laute/10 min bzw. Gesamtanzahl Laute in der 1., 5. und 10. min genutzt werden. In der zweiten Überarbeitung wurden alle Laute gelöscht, die mit Schritten und anderen Störgeräuschen überlagert waren. Die so bearbeiteten Daten stellten den Ausgangspunkt für die Analyse der Lautparameter und der statistischen Kenngrößen dar.

Die Einteilung der Ferkellaute in 3 verschiedene Lauttypen erfolgte in Anlehnung an PUPPE et al. (2005) und von BORELL et al. (2009) in Grunzer, Quieker und Schreie (Abb. 8). Die Lauttypen wurden subjektiv über das akustische Hörempfinden und die visuelle Darstellung im Spektrogramm unterschieden.

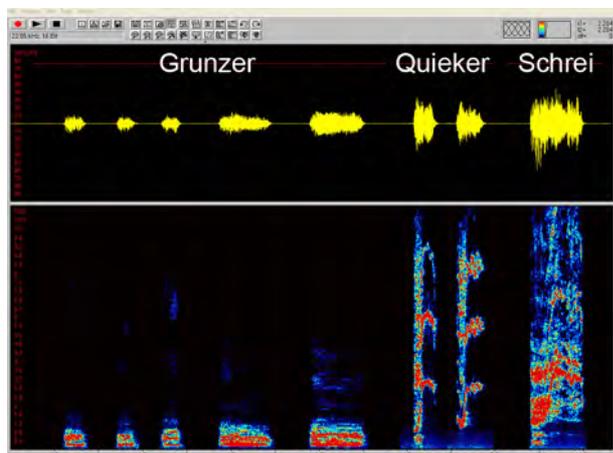


Abbildung 8: Darstellung der verschiedenen Lauttypen zur subjektiven Klasseneinteilung

Aus verschiedenen Lauten eines Lauttyps von Ferkeln unterschiedlichen Geschlechts, aber desselben Genotyps und Alters wurden Lautbeispiele zusammengestellt.

Diese Lautdateien wurden mit Hilfe des Analyseprogramms, basierend auf LabVIEW (National Instruments, USA), für die Berechnung von LPC-Koeffizienten (**L**inear **P**rediction **C**oding) genutzt. Ein Einzellaute wurde in 100 ms gesplittet und für jedes Zeitfenster wurden 12 LPC-Koeffizienten berechnet, die den LPC-Vektor darstellten. 12 LPC-Koeffizienten erwiesen sich als sinnvoll zur Darstellung der Resonanzfrequenzen des Vokaltraktes des Schweins (SCHÖN et al., 2001). Über die gesamte Lautlänge charakterisieren ein oder mehrere LPC-Vektoren (abhängig von der Lautlänge) den Laut.

Im folgenden Schritt wurde ein künstliches neuronales Netz (Kohonen-Netz) mit Hilfe der LPC-Koeffizienten definierter Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie), angelernt. Kohonen-Netze ermöglichen die visuelle Darstellung der automatisch ermittelten Lauttypen (Abb. 9). In Abb. 9 besteht die Merkmalskarte aus 100x100 Neuronen. Diese Neuronen sind mehrdimensional (im vorliegenden Fall 12-dimensional) und auf der Merkmalskarte zufällig angeordnet. Beim Anlernen des neuronalen Netzes sucht sich der Eingabevektor das Neuron mit dem geringsten euklidischen Abstand. Dieses Neuron wird in Richtung des Eingabevektors verändert und zusätzlich werden ebenfalls die Nachbarneurone beeinflusst. Somit siedeln sich

ähnliche Vektoren in gleiche Gebiete (farbliche Abgrenzung) auf dem neuronalen Netze an und zeigen die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Neuronen auf.

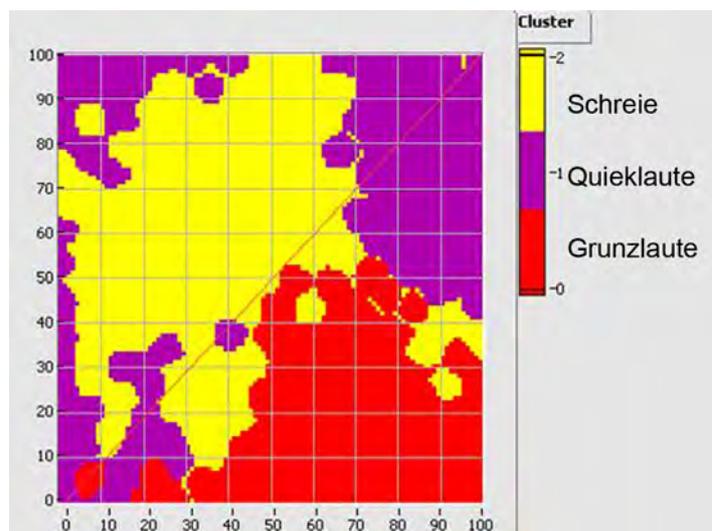


Abbildung 9: Visuelle Darstellung der drei Lauttypen in angelegtem Kohonen-Netz mit 100 x 100 Neuronen

3.6 Untersuchungsparameter

Die während des Open Field Tests aufgenommenen Laut- und Videodaten wurden zur Analyse von Lautparametern, der Lokomotion und des Kot- und Urinabsatzes genutzt. Im Folgenden wird beschrieben, mit welchen Auswertungsmethoden und welchen Parametern die Beurteilung der Daten vorgenommen wurde.

3.6.1 Lautaufnahmen

Die Analyse der Lautparameter erfolgt durch Avisoft SASLab Pro®, wobei folgende Parameter ermittelt wurden:

- Lautdauer (Sek.)
- *Peakfrequenz (Hz; Frequenz der maximalen Amplitude)*
- *Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil (Hz; beschreibt die Energieverteilung zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil und somit die Reinheit des Lautes)*
- *Entropie (Maß für die Zufälligkeit des Lautes, beschrieben durch das Verhältnis zwischen dem geometrischen und arithmetischen Mittel des Frequenzspektrums. Die Entropie ist 0 für einen reinen Laut (Sinuston) und 1 für ein Rauschen)*

Für die Analyse des Zeitparameters (Lautdauer) wurde eine FFT-Länge von 256 und für den Frequenzparameter (Peakfrequenz; Abstand zwischen 75 %- und 25 %-Frequenzquartil) eine FFT-Länge von 1.024 eingestellt. Dies gewährleistete eine gute Zeit- bzw. Frequenzdarstellung. Die verschiedenen Darstellungen derselben Lauttypen bei unterschiedlicher FFT-Länge sind den Abbildungen 10 und 11 zu entnehmen.



Abbildung 10: Spektrogramm der Lauttypen mit einer FFT-Länge von 256 mit guter Zeitdarstellung

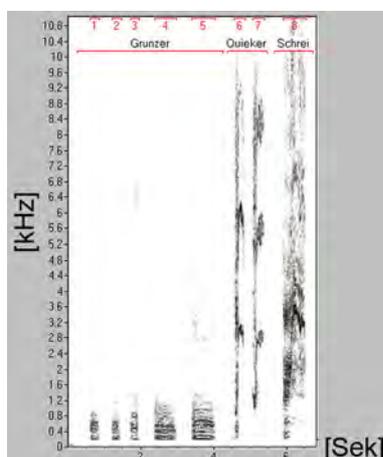


Abbildung 11: Spektrogramm der Lauttypen mit einer FFT-Länge von 1.024 mit guter Frequenzdarstellung

3.6.2 Lokomotion

Die Lokomotion wurde als Verhaltensparameter aufgenommen und untersucht. Die zurückgelegte Wegstrecke stellt in einem standardisierten Open Field Test und in einer definierten Zeit (10 min) einen Parameter für den Erregungszustand der Tiere dar.

Die Analyse der Lokomotion wurde mittels Ethovision 3.0 Basic (Noldus, Niederlande) durchgeführt. Um die Auswertung vornehmen zu können, wurde zuvor das Open Field in gleich große Quadrate geteilt. Dieses Raster wurde zur Kalibrierung von Ethovision genutzt und konnte danach wieder vom Fußboden des Open Fields entfernt werden.

Da der Fußboden des Open Fields mit einer schwarze Gummimatte ausgelegt war, die durch Kot- und Urinabsatz verschmutzt wurde, konnte nur durch die Methode „Gray scaling“ ein guter Kontrast zwischen Ferkel und Boden hergestellt werden. Dabei musste der Kontrast zwischen Tier und Fußboden jedes Mal neu angepasst werden. Die Ferkel (N = 186), wenn es sich um reinrassige Tiere der Rasse Deutsches Edelschweine bzw. Kreuzungstiere von DE x Pi bzw. DL x Pi handelte, konnten durch ihre helle Haut kontrastreich dargestellt werden. Die reinrassigen Pi- und Du-Ferkel wurden mit weißen Tiermarkerstiften am Rücken zusätzlich markiert. Die digitalen Videosequenzen wurden in Ethovision eingelesen. Vor der eigentlichen Analyse wurde mit Hilfe des Schnelldurchlaufes geprüft, ob das Tier zu jeder Zeit vom Programm als Objekt erkannt wurde. Danach wurde die eigentliche Analyse gestartet und die Wegstrecke computergestützt gemessen und als rote Linie visuell dargestellt (Abb. 12). Diese berechneten Ergebnisse der zurückgelegten Wegstrecke wurden danach in eine Exceltabelle kopiert und statistisch ausgewertet.

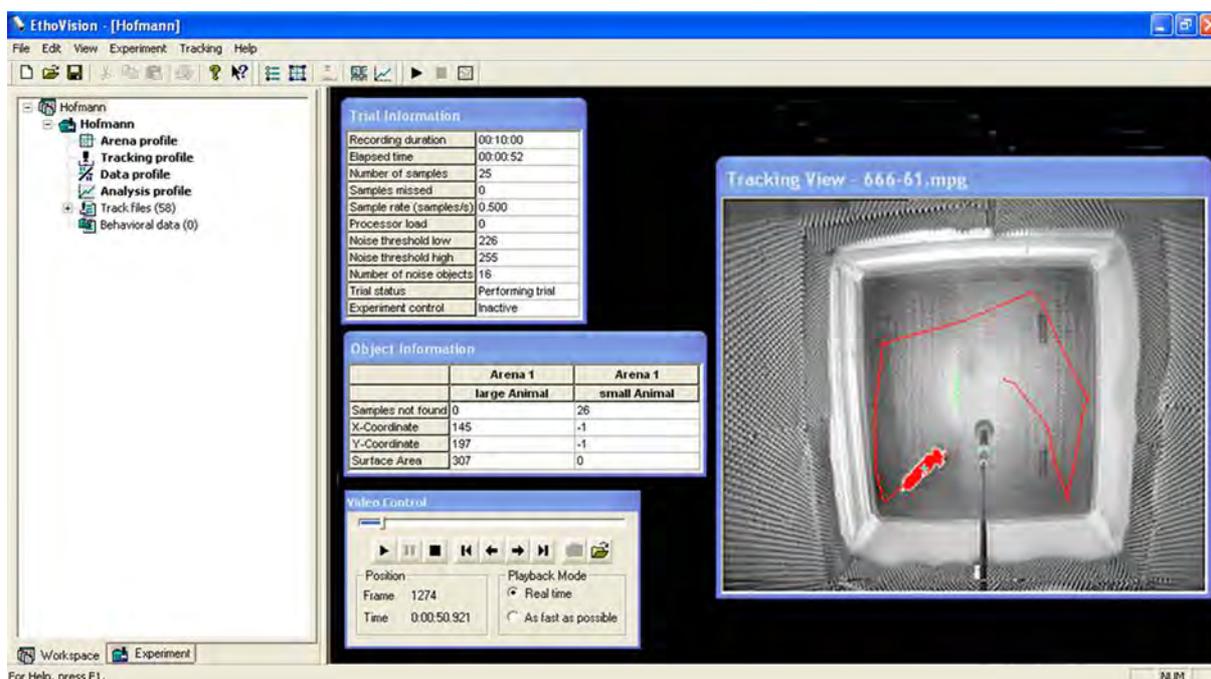


Abbildung 12: Darstellung der Bildschirmoberfläche von Ethovision 3.0 Basic (Noldus, Niederlande)

3.7 Überblick der Auswertungsparameter

In den Untersuchungen wurden folgende Parameter aufgenommen bzw. analysiert:

- Gesamtlautanzahl in 10 Minuten (Anzahl)
- Lautanzahl in der 1., 5. und 10. Minute (Anzahl)

- Lokomotion (Wegstrecke in m)
- Ausbruchversuche (Anzahl)
- Körperlänge und Brustumfang (cm)
- Lautlänge (Sek.)
- Peakfrequenz (Hz)
- Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil (Hz)
- Entropie

Inwieweit der Genotyp, das Geschlecht und die Tageszeit die o. g. Parameter beeinflussen, wurden als fixe Effekte im statistischen Modell geprüft. Als Kovariable wurde die Elimination beachtet, da diese einen Einfluss auf die für die Modellbildung wichtigen Variablen ausüben könnte.

Zum anderen wurde die Elimination als fixer Effekt im statistischen Modell betrachtet, weil sie die Lautanzahl bzw. die Lokomotion pro Zeiteinheit direkt beeinflusst.

Tabelle 2: Überblick über die Auswertungsparameter

Zielgröße	Fixe Effekte	Kovariablen
Gesamtlautanzahl/10 min Lautanzahl 1., 5., 10. min	Genotyp Geschlecht Anzahl Würfe ^Δ Tageszeit	Elimination
Lautanzahl/Sek	Elimination Genotyp	
Lokomotion/10 min	Genotyp Tageszeit Anzahl Würfe ^Δ	Elimination
Lokomotion/Sek	Elimination Genotyp	
Ausbruchverhalten/10 min	Genotyp Anzahl Würfe ^Δ	Gesamtlautanzahl/10 min
Körperlänge und Brustumfang	Genotyp* Geschlecht*	
Lautparameter (Peakfrequenz, Q75 – Q25; Lautlänge; Entropie)	Lauttyp* Genotyp* Geschlecht* Anzahl Würfe ^Δ	

^Δ Anzahl untersuchter Würfe einer Sau (ohne Einfluss von Kovariablen)

* inklusive der Interaktionen zwischen den fixen Effekten

Für verschiedene Parameter wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt (Tab. 3 und 4)

Tabelle 3: Überblick über die Korrelationsberechnung

	Gesamtlautanzahl	Lokomotion	Ausbruchverhalten
Gesamtlautanzahl		X	X
Lokomotion	X		X
Ausbruchverhalten	X	X	

Tabelle 4: Überblick über die Korrelationsberechnung der Körpermaße und Lautparameter

	Körperlänge	Brustumfang
Lautlänge	X	X
Peakfrequenz	X	X
Q75-Q25	X	X
Entropie	X	X
Körperlänge		X

3.8 Statistische Auswertung

Die statistische Datenauswertung erfolgte überwiegend mit dem Statistik-Softwarepaket SAS® 9.1 (Statistik Analysis System; Institute Inc., Cary, NC, USA).

Die Daten wurden folgendermaßen statistisch bearbeitet:

- Deskriptive Statistik (N , \bar{x} , s , Min, Max) zur Beschreibung der Daten und zur Plausibilitätskontrolle auf mögliche Fehler bei der Eingabe
- Univariate Varianzanalyse, wenn mehrere Faktoren auf die Zielgröße wirken
- Berechnung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson und Spearman zur Ermittlung einer Abhängigkeit zweier Variablen
- Manova, Anova und Diskriminanzanalyse zur Überprüfung der Klassifikation der drei Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie) mit der 2-nächste Nachbarn-Methode und der Kreuzvalidierung

Für die Univariate Varianzanalysen wurden folgende Modelle angewandt:

Gesamtlautanzahl/10 min bzw. Lautanzahl in der 1., 5. und 10. Minute:

$$y_{ijk} = \mu + \text{Genotyp}_i + \text{Geschlecht}_j + \text{Tageszeit}_k + a \text{ (Elimination)} + e_{ijk}$$

$$y_{ij} = \mu + \text{Sau}_i + \text{Wiederholung}_j + (\text{Sau} \times \text{Wiederholung})_{ij} + e_{ij}$$

y = Gesamtlautanzahl/10 min bzw. Lautanzahl in der 1., 5. und 10. Minute

$$y_{ij} = \mu + \text{Elimination}_i + \text{Genotyp}_j + e_{ij}$$

y = Lautanzahl/Sek

Lokomotion:

$$y_{ijk} = \mu + \text{Genotyp}_i + \text{Tageszeit}_j + \text{Geschlecht}_k + a \text{ (Elimination)} + e_{ijk}$$

$$y_{ij} = \mu + \text{Sau}_i + \text{Wiederholung}_j + (\text{Sau} \times \text{Wiederholung})_{ij} + e_{ij}$$

y = Lokomotion/10 min

$$y_{ij} = \mu + \text{Elimination}_i + \text{Genotyp}_j + e_{ij}$$

y = Lokomotion/Sek

Ausbruchversuche:

$$y_i = \mu + \text{Genotyp}_i + b \text{ (Gesamtlautanzahl/10min)} + e_i$$

$$y_{ij} = \mu + \text{Sau}_i + \text{Wiederholung}_j + (\text{Sau} \times \text{Wiederholung})_{ij} + e_{ij}$$

y = Ausbruchversuche/10 min

Körperlänge und Brustumfang:

$$y_{ij} = \mu + \text{Genotyp}_i + \text{Geschlecht}_j + (\text{Genotyp} \times \text{Geschlecht})_{ij} + e_{ij}$$

y = Körperlänge bzw. Brustumfang

Lautparameter:

$$y_{ijk} = \mu + \text{Genotyp}_i + \text{Geschlecht}_j + \text{Lauttyp}_k + (\text{Genotyp} \times \text{Lauttyp})_{ik} + (\text{Geschlecht} \times \text{Lauttyp})_{jk} + e_{ijk}$$

y = Lautparameter (Lautdauer, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75%- und 25 %-Frequenzquartil, Entropie)

$$y_{ij} = \mu + \text{Sau}_i + \text{Wiederholung}_j + (\text{Sau} \times \text{Wiederholung})_{ij} + e_{ij}$$

y = Lautparameter (Lautdauer, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75%- und 25 %-Frequenzquartil, Entropie)

Als Signifikanzniveaus wurden $p < 0,05$ und $p < 0,01$ festgelegt (signifikante und hochsignifikante Differenzen).

4 ERGEBNISSE

4.1 Ergebnisse zur Lautanzahl

Die Lautanzahl, deren Datengrundlagen die Gesamtlautanzahl in 10 Minuten sowie die Lautanzahl in der 1., 5. und 10. Minute des Open Field Tests sind, wurde hinsichtlich der Genotyp- und Geschlechtsunterschiede und der Tageszeit mit der Kovariablen Elimination untersucht. Die Tageszeit wurde in 2 Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 umfasste den Zeitraum von 7:30 – 11:00 Uhr und die Gruppe 2 den Zeitraum ab 11:00 Uhr.

Alle betrachteten Lautanzahlen entstammten der ersten Überarbeitung der Rohdaten, so dass die Laute u. U. mit Störgeräuschen (Springen an die Wand oder Geräuscheinflüsse von außen) überlagert sein könnten. Da nur die Anzahl betrachtet wurde und nicht die Lautparameter, war dennoch eine Auswertung möglich. Die Überlagerung einzelner Laute mit Störgeräuschen ist für die Betrachtung der Lautanzahl unerheblich.

Insgesamt wurden 625 Ferkel bezüglich der Gesamtlautanzahl sowie der Lautanzahl in der 1., 5. und 10. Minute untersucht.

Weiterhin wurden Korrelationen zwischen der Gesamtlautanzahl/10 min und der Lokomotion und dem Ausbruchverhalten berechnet.

4.1.1 Vokalisation und Genotyp

Die Ferkel der verschiedenen Genotypen vokalisiert sehr unterschiedlich – sowohl in der Anzahl der Laute in 10 Minuten als auch in den ausgewählten Zeitabschnitten. Die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein vokalisiert mit Abstand am geringsten. Die Gesamtlautanzahl lag bei Ferkeln dieser Rasse bei $287,29 \pm 37,08$ Laute/10 min.

Die Unterschiede in der Gesamtlautanzahl waren zwischen den genetischen Herkünften, mit Ausnahme des Vergleichs der reinrassigen Durocferkel mit den reinrassigen Pietrainferkel ($416,65 \pm 37,35$ vs. $466,75 \pm 17,52$ Laute/10 min), statistisch gesichert ($p < 0,05$) (Abb. 13).

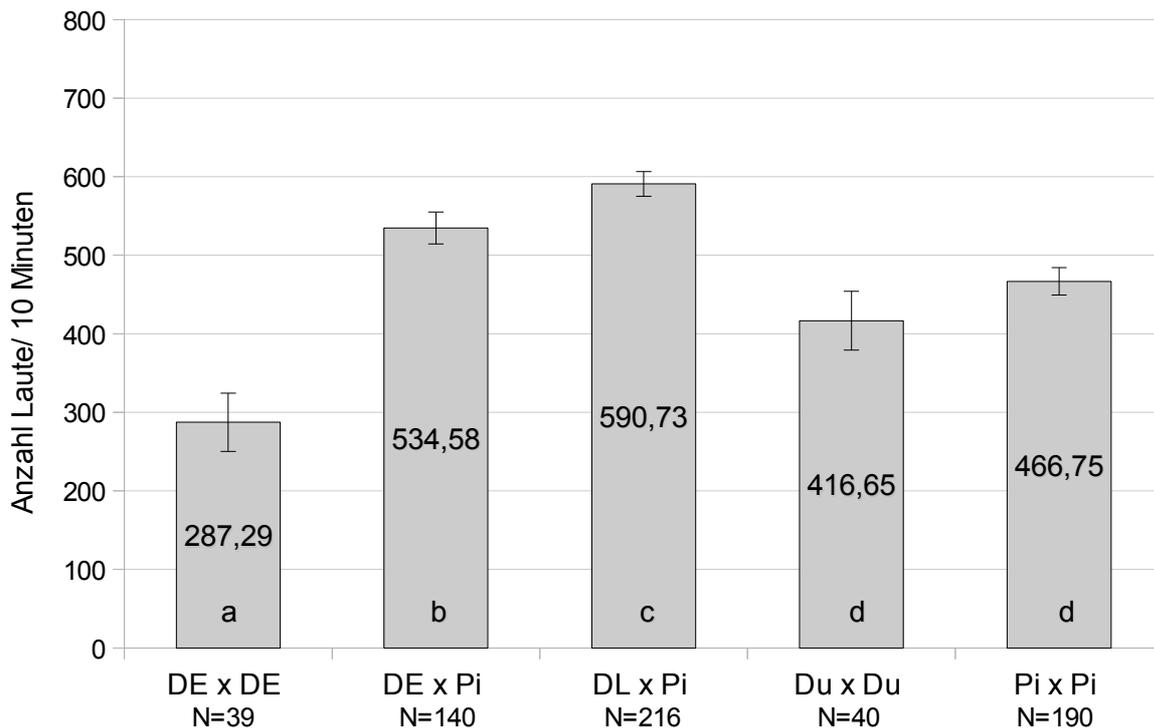


Abbildung 13: Lautanzahl/10 Minuten bei Ferkeln verschiedener Genotypen
 Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der Lautanzahlen in den ausgewählten Zeitabschnitten. Die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein wiesen in der 1. Minute zu den Tieren der anderen Genotypen signifikante Unterschiede auf. Die Lautanzahl in der 5. Minute war zwischen den Tieren der Rasse Duroc nicht von denen der Rasse Pietrain verschieden, ebenso wie die Rassekreuzungen DE x Pi und DL x Pi. Die weiteren untersuchten Genotypen waren untereinander statistisch gesichert verschieden bezüglich der Lautanzahl ($p < 0,05$). In der 10. Minute vokalisiert die Tiere der reinerbigen Duroc durchschnittlich $37,04 \pm 4,19$ -mal, die Tiere der Rasse Pietrain $41,79 \pm 1,96$ -mal. Dieser Unterschied war nicht signifikant. In den ausgewählten Zeitabschnitten gaben die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein wiederum die wenigsten Laute von sich.

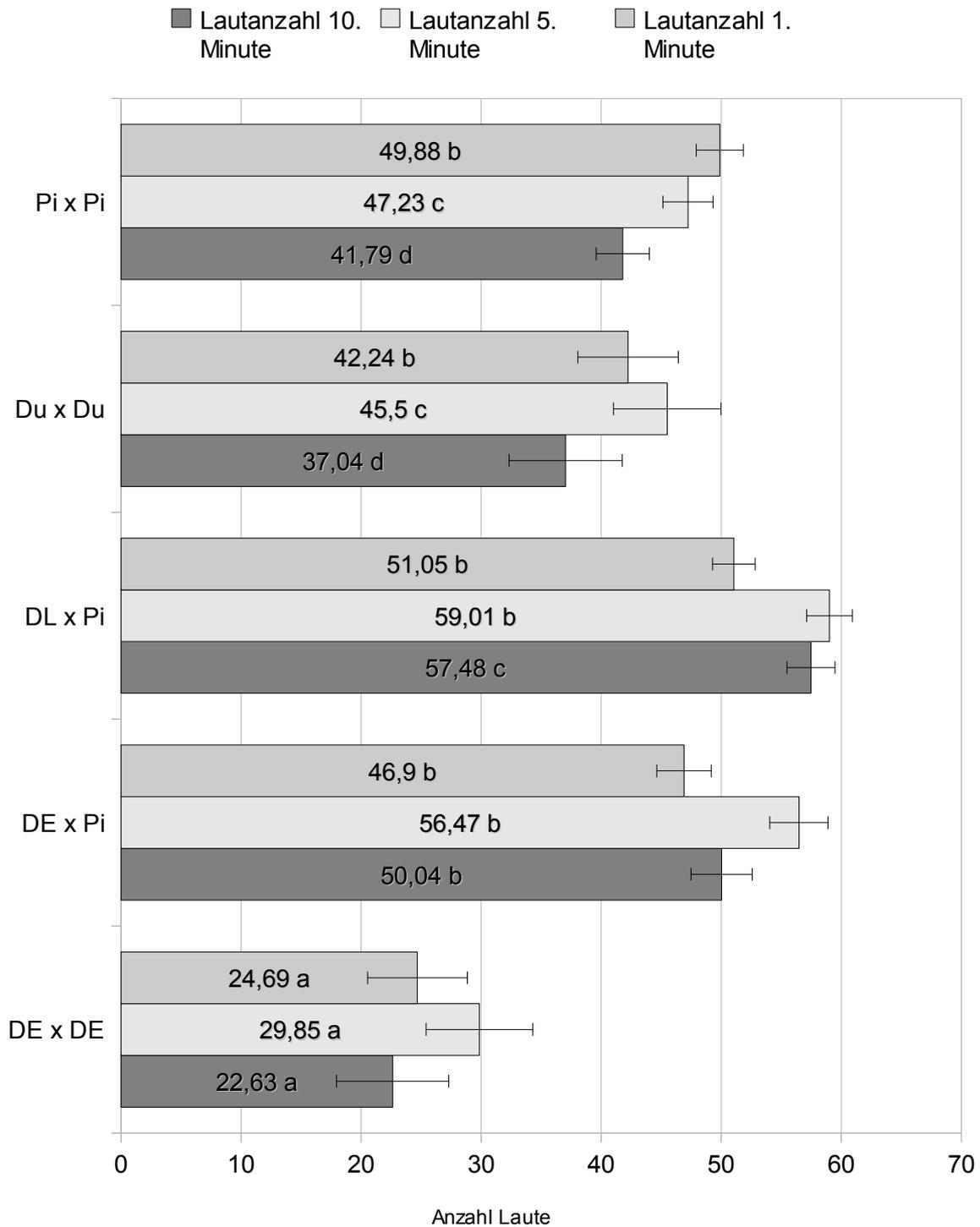


Abbildung 14: Lautanzahlen in der 1., 5., und 10. Minute bei Ferkeln verschiedener Genotypen
 Unterschiedliche Buchstaben innerhalb der einzelnen Minuten kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.1.2 Vokalisation und Geschlecht

Das Geschlechterverhältnis aller für die Analyse einbezogenen Tiere belief sich auf 301 männliche und 324 weibliche Ferkel.

Zwischen den Geschlechtern gab es zu keinem Zeitpunkt hinsichtlich der Gesamtlautanzahl signifikante Unterschiede. Die männlichen Ferkel vokalisiert während der gesamten Untersuchungsdauer von 10 Minuten $507,20 \pm 14,60$ -mal und die weiblichen Artgenossen $516,19 \pm 13,74$ -mal. In der ersten Minute des Open Field Tests wurden von den männlichen Tieren $46,15 \pm 1,77$ und von den weiblichen Tieren $48,84 \pm 1,67$ Laute abgegeben. In der fünften Minute vokalisiert die männlichen Tiere $52,11 \pm 1,71$ und die weiblichen $52,51 \pm 1,61$ -mal. In der letzten Minute lag die Vokalisationshäufigkeit der weiblichen Ferkel bei $46,58 \pm 1,55$ Laute, die der männlichen Ferkel bei $49,07 \pm 1,64$ Laute (Abb. 15).

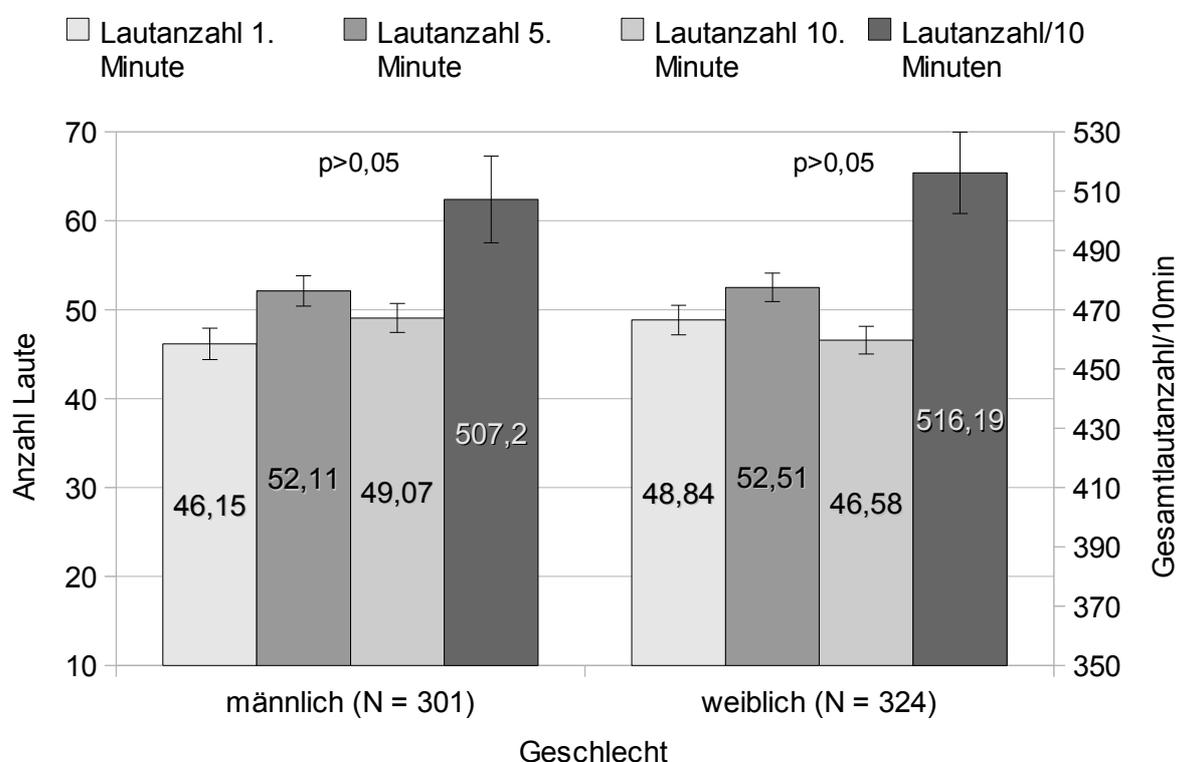


Abbildung 15: Gesamtlautanzahl und Lautanzahl in den betrachteten Einzelminuten männlicher und weiblicher Ferkel

4.1.3 Vokalisation und Tageszeit des Open Field Tests

Im statistischen Modell wurde die Tageszeit (Gruppe 1: Zeit von 7:30 – 11:00 Uhr; Gruppe 2: Zeit ab 11:00 Uhr) als fixer Effekt behandelt.

Die Tageszeit hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtlautanzahl bzw. auf die Lautanzahlen in der 1., 5. und 10. Minute des Open Field Tests. Die

entsprechenden Lautanzahlen innerhalb der verschiedenen Tageszeiten sind aus der Tabelle A1 zu entnehmen.

4.1.4 Lautanzahl pro Zeiteinheit (Sekunde)

Die Zeit, die die Ferkel zum Kot- und Harnabsatz benötigten, wurde anhand der Videoaufnahmen dokumentiert. Es wurde aus den 10 Minuten (= 600 Sek.) und der Zeit, die für die Elimination benötigt wurde, eine Zeit errechnet, mit der die Lautanzahl pro Sekunde berechnet wurde. Die Begründung für diese Korrektur liegt darin, dass die Tiere während der Elimination nicht vokalisiert. Da die Häufigkeit dieser Verhaltensweise bei den Ferkeln unterschiedlich war, sollte somit dieser Einfluss auf die Zielgröße Lautanzahl korrigiert werden.

Der Kot- und Urinabsatz und der Genotyp wurden als fixe Effekte im statistischen Modell verwendet, wobei die Lautanzahl/Sek als abhängige Variable fungierte. Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

Sowohl das Ausscheidungsverhalten als auch der Genotyp hatten einen signifikanten Einfluss auf die Lautanzahl pro Sekunde. Im Einzelnen betrug die Anzahl Laute pro Sekunde in der Gruppe der Ferkel, die weder urinierten noch koteten, $2,07 \pm 0,12$ Laute/Sek und in der Gruppe der Tiere, die nur urinierten $2,01 \pm 0,16$ Laute/Sek. Diese beiden Gruppen waren von den Gruppen „Kotabsatz“ und „Urin- und Kotabsatz“ signifikant verschieden (Abb. 16).

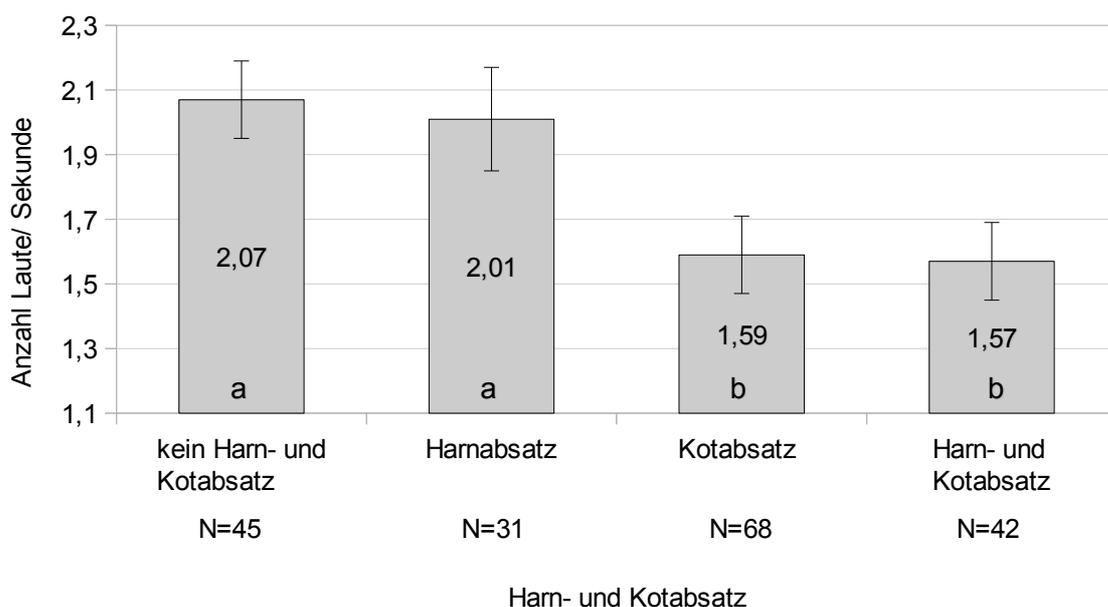


Abbildung 16: Lautanzahl pro Sekunde unter Beachtung des Ausscheidungsverhaltens
Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Die Unterschiede zwischen den Genotypen hinsichtlich der Lautanzahl pro Sekunde waren zwischen der Rasse Deutsches Edelschwein und den weiteren Genotypen signifikant. Die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein vokalisiert 2,79 ± 0,31-mal pro Sekunde. Die geringste Vokalisation zeigte die Rassekreuzung DE x Pi mit 1,27 ± 0,12-mal pro Sekunde. Dieser Werteunterschied war signifikant verschieden zu den reinerbigen Genotypen (Pietrain, Deutsches Edelschwein, Duroc) (Abb. 17).

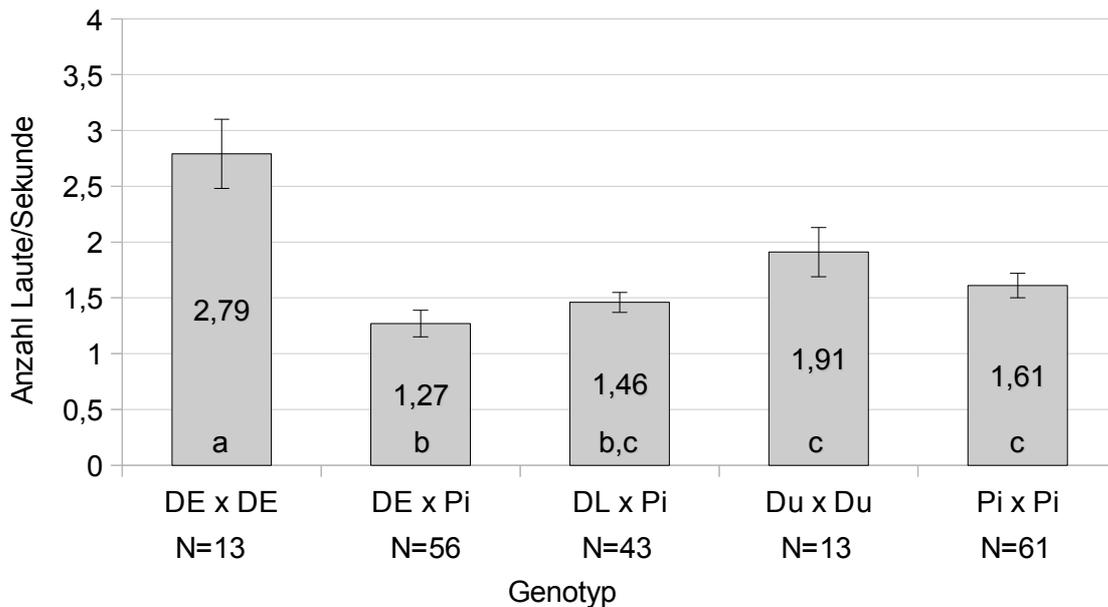


Abbildung 17: Lautanzahl pro Sekunde bezüglich des Genotyps

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.1.5 Einfluss des Wurfes auf die Vokalisation

In die Untersuchungen flossen 15 Sauen ein, von denen Ferkel mehrerer Würfe für den Open Field Test zur Verfügung standen. Es gingen bis zu 4 Würfe einer Sau in die Untersuchungen ein. Im Folgenden wird die Gesamtlautanzahl/10 min der Würfe dargestellt. In der Tabelle 5 und 6 sind die einzelnen untersuchten Würfe der Sauen mit der Anzahl Ferkel, die im Open Field getestet wurden, und der Wurfnummer aufgezeigt.

Tabelle 5: Übersicht über die Gesamtlautanzahl mehrerer Würfe einer Sau

	Untersuchungs- wurf 1	Untersuchungs- wurf 2	Untersuchungs- wurf 3	Untersuchungs- wurf 4
<i>P_i*</i>				
503	398,6±72,3 N=6 Wurfnr. 8	555,7±66,9 N=7 Wurfnr. 9	475,57±66,9 N=7 Wurfnr. 10	
568	404,4±53,4 N=11 Wurfnr. 8	458,5±66,9 N=7 Wurfnr. 9	521,6±56,0 N=10 Wurfnr. 10	
633	591,8±62,6 a N=8 Wurfnr. 5	486,5±53,4 N=11 Wurfnr. 6	568,0±59,0 N=9 Wurfnr. 7	421,7±56,0 b N=10 Wurfnr. 8
641	317,6±51,1 a N=12 Wurfnr. 5	348,8±66,9 a N=8 Wurfnr. 6	693,1±59,0 b N=9 Wurfnr. 7	
677	532,5±56,0 N=10 Wurfnr. 3	390,5±66,9 N=7 Wurfnr. 4		
<i>DE*</i>				
608	566,1±56,0 N=10 Wurfnr. 7	660,8±59,0 N=9 Wurfnr. 8		
658	442,6±59,0 N=9 Wurfnr. 5	438,0±79,2 N=5 Wurfnr. 6		
672	798,3±72,3 N=6 Wurfnr. 4	733±59,0 N=9 Wurfnr. 5		
674	387,4±56,0 a N=10 Wurfnr. 4	579,2±62,6 b N=8 Wurfnr. 5		

*Genotyp der Sau / Pietraineber sind die Väter der untersuchten Ferkel

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

Tabelle 6: Fortsetzung Tabelle 5: Übersicht über die Gesamtlautanzahl mehrerer Würfe einer Sau

	Untersuchungs- wurf 1	Untersuchungs- wurf 2	Untersuchungs- wurf 3	Untersuchungs- wurf 4
DL*				
597	660,2±79,2 N=5 Wurfnr. 7	702,0±72,3 a N=6 Wurfnr. 8	468,0±72,3 b N=6 Wurfnr. 9	
624	519,0±72,3 a N=6 Wurfnr. 5	844,7±53,4 b N=11 Wurfnr. 6	853,4±56,0 b N=10 Wurfnr. 7	
628	392,2±79,2 a N=5 Wurfnr. 6	604,0±66,9 b N=7 Wurfnr. 7		
662	563,7±88,5 N=4 Wurfnr. 5	394,1±72,3 N=6 Wurfnr. 6		
666	418,2±56,0 N=10 Wurfnr. 3	469,7±59,0 N=9 Wurfnr. 4	487,6±56,0 N=10 Wurfnr. 5	492,8±79,2 N=5 Wurfnr. 6
675	455,7±51,1 a N=12 Wurfnr. 3	589,8±72,3 b N=6 Wurfnr. 4	794,3±56,0 a N=10 Wurfnr. 5	

*Genotyp der Sau / Pietraineber sind die Väter der untersuchten Ferkel

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

Zwischen den Würfen von 7 Sauen konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Gesamtlautanzahl während des 10-minütigen Open Field Tests nachgewiesen werden. Es gab Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen dem:

- 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 597
- 1. und 2. bzw. 1. und 3. untersuchten Wurf der Sau 624
- 1. und 2. untersuchten Wurf der Sau 628
- 1. und 4. untersuchten Wurf der Sau 633
- 1. und 3. bzw. 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 641
- 1. und 2. untersuchten Wurf der Sau 674 und
- 1. und 2. bzw. 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 675.

Es ließ sich kein gerichteter Effekt bezüglich der Aufeinanderfolge der Würfe auf die Vokalisation erkennen. So gab es Sauen, bei denen die Ferkel mit zunehmender Parität mehr vokalisiert (z. B. Sau 675), als auch solche Würfe, bei denen die Lautanzahl mit zunehmendem Alter der Sau zurückging (z. B. Sau 662). Bei einigen Sauen blieb die Lautanzahl der Nachkommen relativ konstant (z. B. Sau 666).

Für die Beurteilung des Wurfeffektes als zufälliger Effekt gingen insgesamt 82 Würfe in die Auswertungen ein. Davon wurden nur die Würfe innerhalb einer der fünf Genotypen analysiert.

Hinsichtlich der Gesamtlautanzahl über den 10-minütigen Open Field Test ergaben sich höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Würfen innerhalb der Genotypen. Bezüglich der Gesamtlautanzahl in den 10 Minuten betrug die Varianz zwischen den Würfen innerhalb der Genotypen 37,1 % der Gesamtvarianz.

4.1.6 Zusammenhänge zwischen Vokalisation und Lokomotion bzw. Ausbruchverhalten

Die Korrelationsberechnung zwischen der Gesamtlautanzahl/10 Minuten und der zurückgelegten Wegstrecke/10 Minuten ergab eine positive Korrelation von 0,52 mit $p < 0,0001$.

Zwischen der Gesamtlautanzahl/10 Minuten und dem Anzahl der Ausbruchversuche während des Open Field Tests wurde ein positiver Zusammenhang von $r = 0,39$ mit $p < 0,0001$ ermittelt.

4.2 Ergebnisse zur Lokomotion

Die Lokomotion, d. h. die im Open Field in 10 Minuten zurückgelegte Wegstrecke, war ein weiterer Parameter, um die Ferkel in der Belastungssituation näher zu beurteilen. Als Kovariable wurde der Kot- und Harnabsatz im Zusammenhang mit dem Lokomotionsverhalten im statistischen Modell betrachtet.

4.2.1 Lokomotion, Genotyp und Uhrzeit des Open Field Tests

Für das Lokomotionsverhalten gingen 186 Tiere in die Auswertung ein. Die Lokomotion, bezogen auf die tatsächliche zurückgelegte Wegstrecke der Tiere, nahm Werte zwischen 0 und 196,4 m an.

Bei der Analyse der Lokomotion mit den fixen Effekten Genotyp und Tageszeit und der Kovariable ‚Elimination‘ konnten hinsichtlich des Genotyps (Abb. 18) keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

Die Wegstrecke, die die Ferkel in den Vormittagsstunden (7:30 – 11:00 Uhr) zurücklegten, war zu der in den Mittags- und Nachmittagsstunden (ab 11:00 – 17:00 Uhr) signifikant größer. In den Vormittagsstunden liefen die Ferkel durchschnittlich $110,26 \pm 4,24$ m und in den Mittags- und Nachmittagsstunden $97,01 \pm 4,65$ m.

4.2.2 Lokomotionsaktivität der Geschlechter

Signifikante Geschlechtsunterschiede bezüglich der Lokomotion konnten nicht nachgewiesen werden. Über alle Genotypen hinweg hatten die männlichen Ferkel eine Wegstrecke von $100,43 \pm 4,17$ m und die weiblichen Artgenossen eine Wegstrecke von $104,04 \pm 3,49$ m zurückgelegt (Abb. 18).

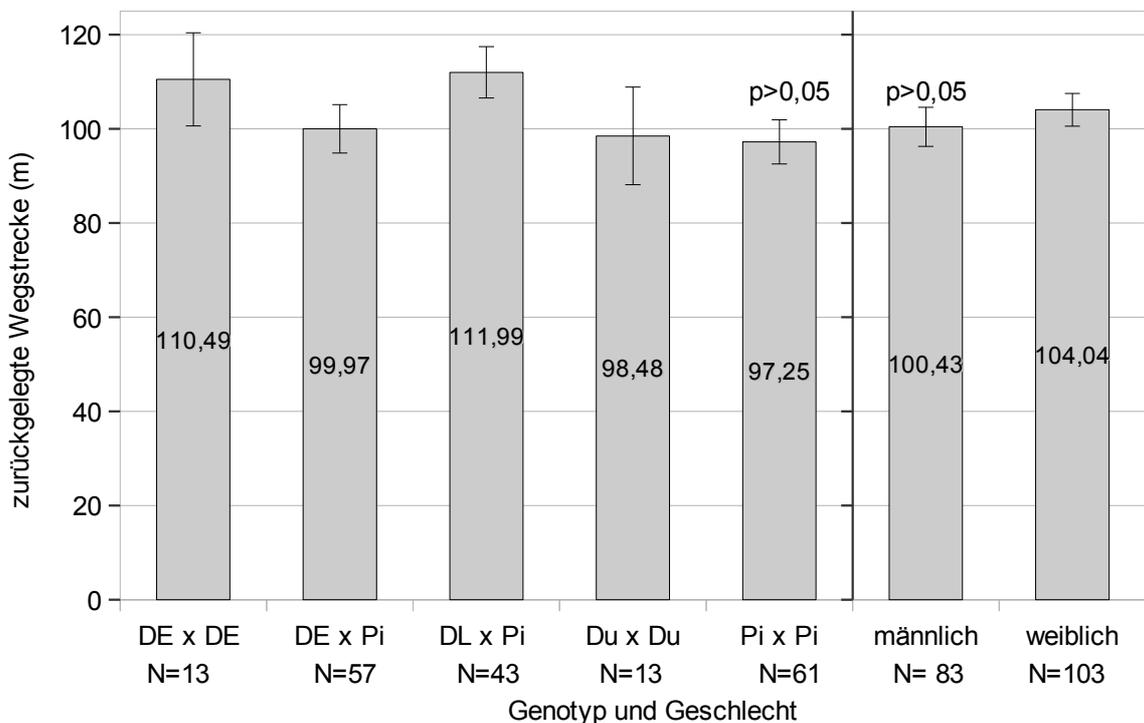


Abbildung 18: Zurückgelegte Wegstrecke während des OF-Tests bei Ferkeln verschiedener Genotypen und unterschiedlichen Geschlechts

4.2.3 Zurückgelegte Wegstrecke pro Zeiteinheit (Sekunde)

Anhand der berechneten Nettozeit aus Abschnitt 4.1.4 (d. h. ohne die Zeit, die die Ferkel mit Defäkation und Urinieren verbrachten) wurde die Wegstrecke pro Sekunde berechnet. Das Eliminationsverhalten wies einen signifikanten Einfluss auf die zurückgelegte Wegstrecke pro Sekunde auf. Der Genotyp hatte keinen signifikanten Einfluss auf diesen Parameter.

Die Ferkel, die während des Open Field Tests urinierten als auch koteten, legten mit $0,20 \pm 0,009$ m die längste Wegstrecke pro Sekunde zurück. Die Tiere, die nur urinierten, liefen $0,15 \pm 0,01$ m. Diese zurückgelegte Wegstrecke war zu der Wegstrecke der Tiere, die nur koteten bzw. Kot und Harn absetzten, statistisch gesichert. Die einzelnen Werte sind der Abbildung 19 zu entnehmen.

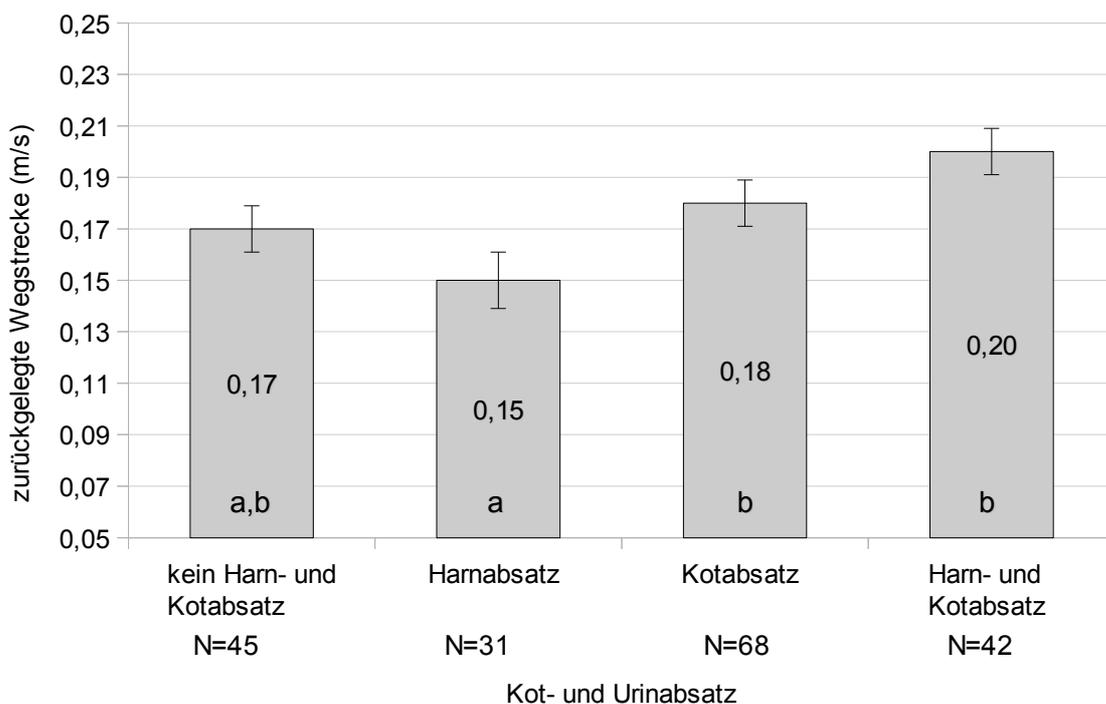


Abbildung 19: zurückgelegte Wegstrecke pro Sekunde unter Berücksichtigung des Ausscheidungsverhaltens

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.2.4 Einfluss des Wurfes auf die Lokomotion

Lediglich von 2 Sauen stand mehr als 1 Wurf für die Wegstreckenmessung der Ferkel zur Verfügung. Dies war der 3. und 4. Untersuchungswurf der Sauen 633 und 666.

Die Ferkel des 3. untersuchten Wurfes der Sau 633 liefen durchschnittlich $91,8 \pm 10,7$ m und die des 4. Wurfes $56,9 \pm 10,7$ m. Dieser Unterschied war signifikant. Zwischen der zurückgelegten Wegstrecke der Ferkel des 3. untersuchten Wurfes der Sau 666 und die des 4. untersuchten Wurfes bestand kein signifikanter Unterschied ($101,6 \pm 13,1$ m vs. $120,4 \pm 14,3$ m).

Der Wurf als zufälliger Effekt ergab in der Lokomotionsaktivität höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Würfen innerhalb der Rassen. Der Anteil der Varianz betrug 21,8 % der Gesamtvarianz.

4.3 Ergebnisse zum Ausbruchverhalten

Als Ausbruchversuche galten die Verhaltensweisen, die ein Tier zeigte, um der Testsituation durch Sprünge bzw. Aufstellen an der Buchtenwand zu entkommen.

4.3.1 Häufigkeit der Ausbruchversuche bei den Genotypen

Das Ausbruchverhalten unterschied sich zwischen den Genotypen. Die Anzahl der Versuche, der Testsituation zu entkommen, lag zwischen 0 und 77-mal pro 10 min. Durchschnittlich $5,36 \pm 0,58$ -mal versuchten die Ferkel der Rassekreuzung DL x Pi der Testsituation zu entkommen. Die Differenzen sowohl zu den Tieren der reinerbigen Duroc als auch zu den Kreuzungstieren aus DE x Pi waren signifikant. Die reinrassigen Pietrain zeigten hinsichtlich der Anzahl Fluchtversuche ebenfalls signifikante Unterschiede zu den Ferkeln der Rassekreuzung DE x Pi und zu den reinrassigen Durocferkel (Abb.20).

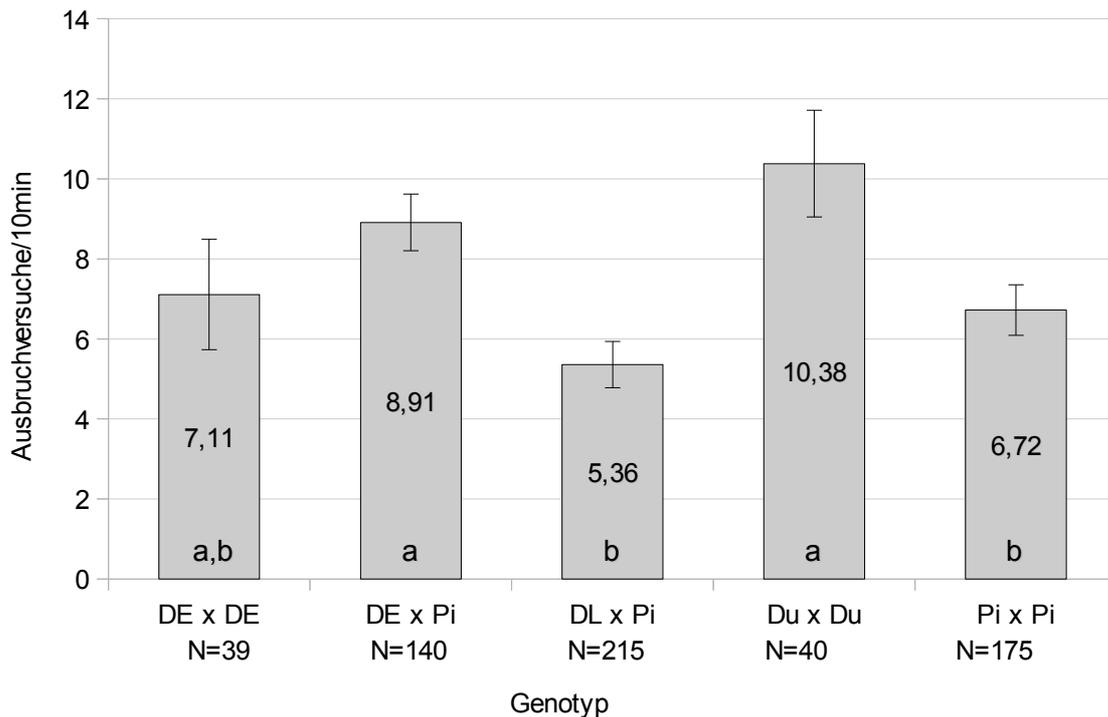


Abbildung 20: Ausbruchversuche/10 Minuten bei Ferkeln verschiedener Genotypen
 Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.3.2 Häufigkeit der Ausbruchversuche bei den Geschlechtern

Hinsichtlich der Anzahl Ausbruchversuche konnten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede aufgezeigt werden. Die männlichen Ferkel versuchten $6,16 \pm 0,80$ -mal und die weiblichen Artgenossen $6,96 \pm 0,71$ -mal, der Testsituation zu entkommen.

4.3.3 Einfluss des Wurfes auf das Ausbruchverhalten

In Bezug auf das Ausbruchverhalten verschiedener Geschwisterwürfe konnten nur in wenigen Fällen signifikante Unterschiede gefunden werden. Der 1. Untersuchungswurf der Sau 608 unterschied sich signifikant bezüglich des Ausbruchverhaltens der Ferkel vom 2. Untersuchungswurf. Die Würfe der Sau 624 unterschieden sich ebenfalls signifikant, wobei Unterschiede zwischen dem 1. untersuchten Wurf und dem 2. bzw. zwischen dem 1. und dem 3. untersuchten Wurf ermittelt werden konnten (Tab. 7).

Tabelle 7: Übersicht über die Anzahl Ausbruchversuche mehrerer Würfe einer Sau

	Untersuchungs- wurf 1	Untersuchungs- wurf 2	Untersuchungs- wurf 3	Untersuchungs- wurf 4
<i>P_i*</i>				
503	12,8 ± 3,4 N=6	5,5 ± 3,1 N=7	4,0 ± 3,1 N=7	
568	6,0 ± 2,5 N=11	6,7 ± 3,1 N=7	5,0 ± 2,6 N=10	
633	6,2 ± 2,9 N=8	1,6 ± 2,6 N=11	7,0 ± 2,7 N=9	2,3 ± 2,6 N=10
641	8,3 ± 2,4 N=12	14,4 ± 2,7 N=8		
677	5,8 ± 2,6 N=10	7,0 ± 3,1 N=7		
<i>DE*</i>				
608	25,2 ± 2,6 a N=10	2,0 ± 2,7 b N=9		
658	5,0 ± 2,7 N=9	5,4 ± 3,7 N=5		
672	12,3 ± 3,4 N=6	8,1 ± 2,7 N=9		
674	5,5 ± 2,6 N=10	4,0 ± 2,9 N=8		
<i>DL*</i>				
597	10,0 ± 3,7 N=5	7,8 ± 3,4 N=6	0,8 ± 3,4 N=6	
624	5,16 ± 3,4 a N=6	14,9 ± 2,5 b N=11	13,8 ± 2,6 b N=10	
628	6,8 ± 3,7 N=5	6,14 ± 3,15 N=7		
662	10,5 ± 4,1 N=4	1,5 ± 3,4 N=6		
666	8,1 ± 2,6 N=10	0,7 ± 2,9 N=9	6,3 ± 2,6 N=10	4,2 ± 3,7 N=5
675	0,5 ± 2,4 N=12	3,6 ± 3,4 N=6	5,5 ± 2,6 N=10	

*Genotyp der Sau / Pietraineber sind die Väter der untersuchten Ferkel

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

Bezüglich des Ausbruchverhaltens lagen wiederum höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Würfen innerhalb der Genotypen vor. Die Varianz an der Gesamtvarianz wurde mit 20,3 % errechnet.

4.4 Ergebnisse zu den Körpermaßen der Saugferkel

Nach jedem Open Field Test wurden der Brustumfang und die Körperlänge gemessen. Diese Parameter könnten u. a. einen Einfluss auf die Lautqualität ausüben.

Die Minimal- und Maximalwerte der Körperlänge lagen zwischen 30 und 55 cm und die des Brustumfangs zwischen 25 und 60 cm. Der Mittelwert lag bei $39,91 \pm 3,40$ cm bezüglich der Körperlänge und $33,85 \pm 3,23$ cm hinsichtlich des Brustumfangs.

Es bestand erwartungsgemäß eine positive Korrelation zwischen Körperlänge und Brustumfang $r = 0,637$ ($p < 0,0001$), d. h. mit zunehmender Körperlänge vergrößert sich der Brustumfang und umgekehrt.

4.4.1 Körpermaße der Genotypen

Die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein besaßen die größten Körpermaße. Die Körperlänge betrug bei diesen Tieren $42,15 \pm 0,53$ cm und der Brustumfang im Durchschnitt $36,4 \pm 0,5$ cm. Den geringsten Brustumfang besaßen die reinrassigen Pietrainferkel mit $32,64 \pm 0,22$ cm. Die Körperlänge der Pietrainferkel lag mit $39,26 \pm 0,24$ cm im Bereich der DE x Pi-Tiere ($39,34 \pm 0,28$ cm) und der reinrassigen Durocferkel ($39,33 \pm 0,52$ cm). Nur die DL x Pi-Ferkel hatten eine geringfügig größere Körperlänge ($40,54 \pm 0,23$). Die Körperlänge der Ferkel der Rassekreuzung DE x Pi sind zu denen der Tiere der Rasse Duroc als auch der Rasse Pietrain nicht signifikant verschieden. Die Differenzen des Brustumfangs der Ferkel der Rasse Duroc liegen im Niveau der Brustumfänge der Ferkel der Rassekreuzungen DE x Pi und DL x Pi und sind somit ebenfalls nicht signifikant. Alle weiteren Unterschiede in der Körperlänge und im Brustumfang sind signifikant.

Die mittleren Körpermaße der Ferkel aller Genotypen sind der Abbildung 21 zu entnehmen.

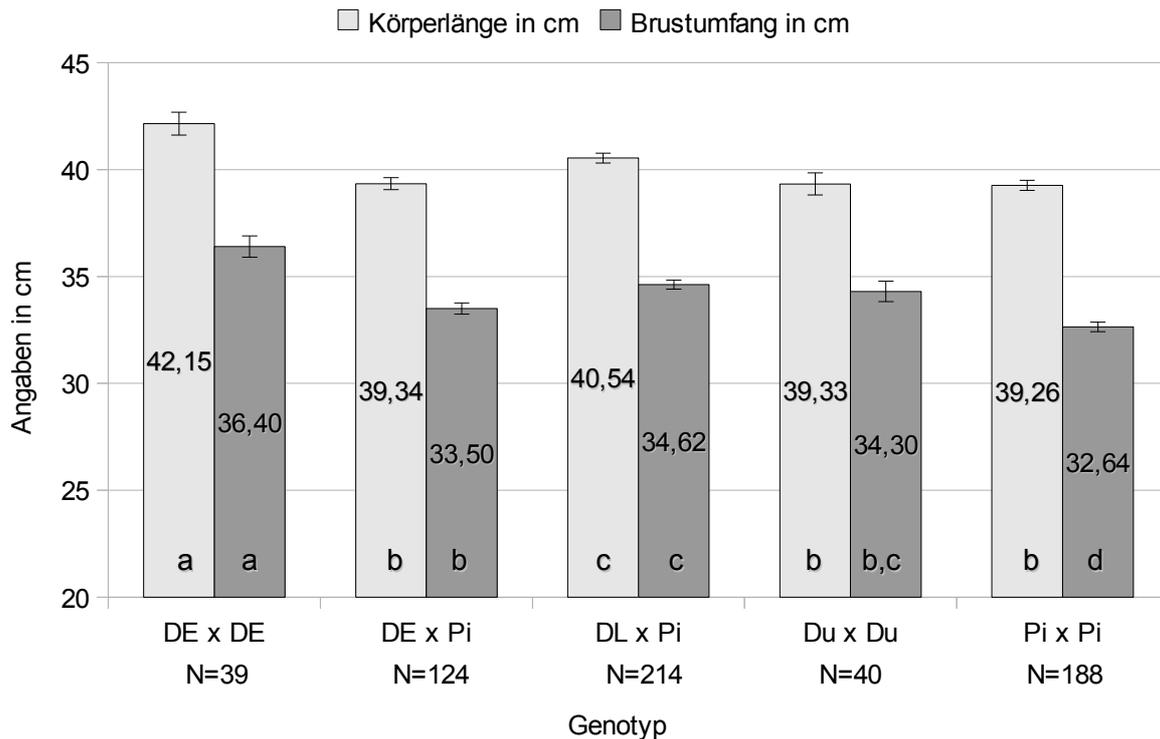


Abbildung 21: Körpermaße bei Saugferkeln der einzelnen Genotypen

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb KL bzw. BU kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.4.2 Körpermaße der Geschlechter

Zwischen den männlichen und weiblichen Saugferkeln im Alter von 9 Tagen bestanden keine Unterschiede – weder bei der Körperlänge ($\text{♂ } 40,16 \pm 0,24 \text{ cm}$; $\text{♀ } 40,07 \pm 0,24 \text{ cm}$) noch bei dem Brustumfang ($\text{♂ } 34,38 \pm 0,22 \text{ cm}$; $\text{♀ } 34,21 \pm 0,23 \text{ cm}$).

4.5 Ergebnisse der Lautparameter

Die Einteilung der Ferkellaute in 3 verschiedene Lauttypen erfolgte in Anlehnung an PUPPE et al. (2005) in Grunzer, Quieker und Schreie. In die Auswertung der Lautparameter Lautlänge (Sek.), Peakfrequenz (Hz), Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil (Hz) und Entropie gingen über 5.000 Datensätze ein.

Für die Auswertung auf Basis der Lauttypen wurden alle genannten Parameter berücksichtigt.

4.5.1 Lautparameter bei den Lauttypen

Die Lauttypen Grunzer, Quieker und Schreie unterschieden sich höchstsignifikant in Bezug auf alle Lautparameter. Bei der Mittelwertbildung wurde der Einfluss der Rasse und des Geschlechts nicht berücksichtigt (Tab. 8).

Erwartungsgemäß unterschieden sich die *Lautlängen* der Lauttypen signifikant voneinander. Die längste Lautdauer wiesen die Schreie auf ($0,569 \pm 0,010$ Sek), die kürzeste die Quieker ($0,152 \pm 0,005$ Sek.) auf. Die Lautdauer der Grunzer pegelte sich dazwischen ein.

Auch die *Peakfrequenz* unterschied sich zwischen den Lauttypen signifikant. Die Peakfrequenz der Grunzer lag bei $367,98 \pm 14,82$ Hz, die der Quieker bei $2.939,46 \pm 44,18$ Hz und bei den Schreien erreichte die Peakfrequenz Werte von durchschnittlich $3.486,20 \pm 76,47$ Hz.

Der *Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil*, welches die Energieverteilung in diesem Bereich des Lautes widerspiegelt und somit ein Indiz für die Reinheit des Lautes darstellt, nahm Werte von $657,34 \pm 16,14$ Hz bei den Grunzern, $3.569,65 \pm 48,11$ Hz bei den Quiekern und $3.115,95 \pm 83,26$ Hz bei den Schreien an.

Die *Entropie*, als Parameter für die Zufälligkeit des Lautes, ergab bei den Quiekern die höchsten Werte mit $0,46 \pm 0,003$ und zeigte bei den Grunzern die geringsten Werte ($0,20 \pm 0,001$).

Tabelle 8: Übersicht der Lauttypen mit den entsprechenden Lautparametern

	Grunzer (N = 4825)	Quieker (N = 466)	Schreie (N = 243)
Lautdauer (Sek.)*	$0,301 \pm 0,001$	$0,152 \pm 0,005$	$0,569 \pm 0,010$
Peakfrequenz (Hz)*	$367,98 \pm 14,82$	$2.939,46 \pm 44,18$	$3.486,20 \pm 76,47$
Q75-Q25 (Hz)*	$657,34 \pm 16,14$	$3.569,65 \pm 48,11$	$3.115,95 \pm 83,26$
Entropie*	$0,20 \pm 0,001$	$0,46 \pm 0,003$	$0,40 \pm 0,004$

*Alle Lauttypen unterscheiden sich innerhalb der Lautparameter signifikant.

4.5.2 Lautparameter innerhalb der Lauttypen bei den Genotypen

In diesem Punkt wird auf den Einfluss der Rasse auf die Lautgebung innerhalb der einzelnen Lauttypen eingegangen.

Die Werte der Lautparameter in den 3 Lauttypen für die einzelnen Genotypen sind aus der Tabelle 9 zu entnehmen.

Die Genotypen zeigten im Lautparameter *Lautlänge* bei den Grunzlauten signifikante Unterschiede. Alle Genotypen (außer DE x Pi vs. Pi x Pi) waren in diesem Parameter signifikant verschieden. Die Ferkel der Rassekreuzung DE x Pi zeigten zu den Ferkeln der reinrassigen Pietrain in der Lautdauer der Grunzlaute keinen signifikanten Unterschied. Die mittleren Lautlängen betragen in diesen Fällen $0,303 \pm 0,003$ Sek. (DE x Pi) und $0,307 \pm 0,002$ Sek. (reinrassige Pietrain).

Hinsichtlich der Lautlänge beim Quieklaut bestanden zwischen den Ferkeln der Rassekreuzung DE x Pi signifikante Unterschiede zu den reinrassigen Deutschen Edelschweinen und den Tieren der Rasse Pietrain. Die Rassekreuzung wies eine Lautdauer im Quieklaut von $0,126 \pm 0,009$ Sek. auf. Dahingegen lag die Lautdauer im selben Laut bei den Tieren des Deutschen Edelschweins $0,169 \pm 0,015$ Sek. und bei der Rasse Pietrain $0,173 \pm 0,012$ Sek.

Auch im Lauttyp der Schreie lagen im Parameter der Lautdauer signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Rassekreuzung DE x Pi und denen der Rassen Deutsches Edelschwein sowie Pietrain vor. Die Ferkel des Deutschen Edelschweins und die Pietrainferkel wiesen eine Lautdauer im Schrei von $0,591 \pm 0,020$ Sek. (DE x DE) bzw. $0,591 \pm 0,016$ Sek. (Pi x Pi) auf, die der Rassekreuzung lag bei $0,541 \pm 0,013$ Sek.

Die *Peakfrequenz* im Grunzlaut zeigte Werte zwischen 190 und 790 Hz. Zwischen den einzelnen Genotypen innerhalb der Lautgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen.

Im Lauttyp des Quiekers waren die Tiere der Rassekreuzung DE x Pi bzw. die Rasse Duroc im Parameter der Peakfrequenz von allen untersuchten Genotypen verschieden. Dabei wies die Rasse Duroc im Durchschnitt die niedrigste Peakfrequenz mit $2.493,75 \pm 129,78$ Hz und die Rassekreuzung DE x Pi die höchste, mit einem Wert von $3.480,97 \pm 73,75$ Hz, auf.

Es bestanden signifikante Unterschiede in der Peakfrequenz der Schreie zwischen den Genotypen. So unterschieden sich die Peakfrequenzen signifikant zwischen den Tieren der Rasse Pietrain zu denen der Deutschen Edelschweine sowie zu beiden Rassekreuzungen. Auch die Rassekreuzungen untereinander wiesen signifikante Unterschiede in der Peakfrequenz der Schreie auf ($p < 0,05$).

Im Parameter *Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil* im Lauttyp des Grunzers waren signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Rassen Deutsches Edelschwein, Duroc und der Rassekreuzung DL x Pi zu den Ferkeln der Rasse Pietrain nachzuweisen, genauso wie zu den Ferkeln der Rassekreuzung DE x Pi. Die Kreuzungstiere DL x Pi waren ebenfalls signifikant von den Tieren der Rasse Deutsches Edelschwein verschieden.

Im Lauttyp des Quiekers war nur der Q75 - Q25 Wert der Deutschen Edelschweine ($3.231,10 \pm 127,82$ Hz) von allen anderen Genotypen verschieden.

Die Kreuzungstiere aus DL x Pi unterschieden sich im Parameter Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil von den Ferkeln der Rasse Pietrain signifikant. Bei der Ermittlung des Abstands zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil im Lauttyp des Schreis konnten nur signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Rassekreuzung DL x Pi und den reinerbigen Pietrainferkeln nachgewiesen werden. Dabei lagen die niedrigsten Werte in diesem Parameter bei den Pietrainferkeln ($2.886,06 \pm 136,31$ Hz) und die höchsten bei den Tieren der Rassekreuzung DL x Pi ($3.365,12 \pm 99,22$ Hz) vor. Die weiteren Genotypen lagen zwischen diesen Werten und waren nicht signifikant.

Die *Entropiewerte* der Grunzlaute wiesen zwischen den Tieren der Rassekreuzung DE x Pi und den Tieren der Rasse Pietrain signifikante Unterschiede zu den Ferkeln der Rasse Deutsches Edelschwein, Duroc und zu den Ferkeln der Rassekreuzung aus Deutsche Landrasse x Pietrain auf.

Die Kreuzungstiere der Deutschen Landrasse x Pietrain bzw. die Reinzuchttiere der Rasse Pietrain zeigten zu den Ferkeln der Rasse Deutsches Edelschwein und der Rassekreuzung DE x Pi signifikante Unterschiede in den Entropiewerten des Quieklautes. Weiterhin wiesen die Ferkel der Rasse Pietrain signifikante Unterschiede zu den Tieren der Rasse Duroc und der Rassekreuzung DL x Pi auf.

Im Lauttyp des Schreis waren die Tiere des Genotyps Pietrain bzw. die Rasse Duroc im Parameter der Entropie von allen untersuchten Genotypen verschieden ($p < 0,05$).

Tabelle 9: Darstellung der Lauttypen mit den dazugehörigen Lautparametern bei den Genotypen

Lautparameter	DE x DE	DE x Pi	DL x Pi	Du x Du	Pi x Pi
<u>Grunzer</u>					
Peakfrequenz (Hz)	404,98 ± 44,26 a	373,51 ± 23,82 a	357,22 ± 20,91 a	350,01 ± 45,84 a	355,32 ± 21,72 a
Q75-Q25 (Hz)	504,61 ± 48,18 a, c	740,35 ± 25,92 b	628,18 ± 22,76 a, d	628,97 ± 49,89 a, c	786,05 ± 23,65 b
Entropie	0,202 ± 0,003 b	0,213 ± 0,001 a	0,204 ± 0,001 b	0,200 ± 0,003 b	0,217 ± 0,001 a
Lautlänge (Sek)	0,276 ± 0,005 b	0,303 ± 0,003 c	0,294 ± 0,002 a	0,324 ± 0,006 d	0,307 ± 0,002 c
	N = 344	N = 1189	N = 1541	N = 321	N = 1430
<u>Quieker</u>					
Peakfrequenz (Hz)	2.915,19 ± 117,43 a	3.480,97 ± 73,75 b	2.834,74 ± 63,88 a	2.493,75 ± 129,78 c	2.972,64 ± 97,54 a
Q75-Q25 (Hz)	3.231,10 ± 127,82 a	3.575,94 ± 80,27 b	3.606,75 ± 69,53 b	3.611,75 ± 141,26 b	3.822,69 ± 106,17 b
Entropie	0,476 ± 0,009 b	0,468 ± 0,005 b, c	0,445 ± 0,004 a	0,452 ± 0,010 a	0,490 ± 0,007 b
Lautlänge (Sek)	0,169 ± 0,015 a	0,126 ± 0,009 b	0,147 ± 0,008 a, b	0,144 ± 0,017 a, b	0,173 ± 0,012 a
	N = 50	N = 126	N = 179	N = 40	N = 71
<u>Schrei</u>					
Peakfrequenz (Hz)	3.619,76 ± 145,15 a, c	3.836,87 ± 102,68 a	3.454,03 ± 91,16 c	3.422,82 ± 293,48 a, b, c	3.125,78 ± 125,24 b
Q75-Q25 (Hz)	3.208,24 ± 157,98 a, b	3.171,62 ± 111,75 a, b	3.365,12 ± 99,22 a	2.937,33 ± 319,43 a, b	2.886,06 ± 136,31 b
Entropie	0,398 ± 0,011 a	0,392 ± 0,007 a	0,394 ± 0,007 a	0,333 ± 0,022 c	0,444 ± 0,009 b
Lautlänge (Sek)	0,591 ± 0,020 a	0,541 ± 0,013 b	0,574 ± 0,011 a, b	0,549 ± 0,038 a, b	0,591 ± 0,016 a
	N = 32	N = 69	N = 91	N = 8	N = 43

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.5.3 Lautparameter innerhalb der Lauttypen bei den Geschlechtern

Im Rahmen der Untersuchungen bestand eine weitere Aufgabe, mögliche Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Saugferkeln im Alter von 9 Tagen bezüglich der Vokalisation zu analysieren.

Die einzelnen Werte der Lautparameter innerhalb einer Lautgruppe bei den Geschlechtern kann aus der Tabelle 10 entnommen werden.

Dabei zeichneten sich signifikante Unterschiede in der *Lautdauer* zwischen den männlichen und weiblichen Ferkeln ab. Die Lautdauer des Grunzlautes der männlichen Tiere betrug $0,307 \pm 0,002$ Sek., die der weiblichen Ferkel $0,294 \pm 0,002$. Die Schreie der weiblichen Tiere waren mit $0,586 \pm 0,014$ Sek. deutlich länger als die Schreie der männlichen Tiere ($0,553 \pm 0,011$ Sek.). Zwischen den Geschlechtern waren keine Unterschiede zwischen den Lautdauern der Quieklaute zu finden.

Bezüglich der *Peakfrequenz* konnten signifikante Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Tieren bei den Quieklauten und den Schreien nachgewiesen werden. Die Peakfrequenz der männlichen Tiere lag in den Quieklauten bei $3.170,35 \pm 59,28$ Hz und die der weiblichen Tiere bei $2.708,57 \pm 60,51$ Hz. Bei den Schreien lagen die Mittelwerte für die Geschlechter bei: $3.258,09 \pm 84,17$ Hz (♂) vs. $3.725,63 \pm 107,11$ Hz (♀). Im Grunzlaut konnten keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Geschlechtern ermittelt werden.

Es bestand kein signifikanter Unterschied im *Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %- Frequenzquartil* innerhalb der einzelnen Lauttypen zwischen den männlichen Ferkeln und den weiblichen Artgenossen.

Innerhalb der Lauttypen Grunzlaut und Quieklaut lagen die *Entropiewerte* zwischen den Geschlechtern auf ähnlichem Niveau, so dass keine signifikanten Unterschiede ermittelt wurden. Die Entropiewerte im Lauttyp des Schreis lagen bei den männlichen Tieren signifikant höher als bei den weiblichen Tieren.

Tabelle 10: Darstellung der Lauttypen mit den dazugehörigen Lautparametern innerhalb der Geschlechter

Lautparameter	männlich	weiblich
Grunzer		
Peakfrequenz (Hz)	369,51 ± 18,56 a	366,92 ± 19,49 a
Q75-Q25 (Hz)	653,88 ± 20,21 a	661,38 ± 21,21 a
Entropie	0,207 ± 0,001 a	0,207 ± 0,001 a
Lautlänge (Sek)	0,307 ± 0,002 a N = 2511	0,294 ± 0,002 b N = 2314
Quieker		
Peakfrequenz (Hz)	3.170,35 ± 59,28 a	2.708,57 ± 60,51 b
Q75-Q25 (Hz)	3.575,35 ± 64,52 a	3.563,95 ± 65,86 a
Entropie	0,461 ± 0,004 a	0,472 ± 0,004 a
Lautlänge (Sek)	0,156 ± 0,007 a N = 272	0,148 ± 0,008 a N = 194
Schrei		
Peakfrequenz (Hz)	3.258,09 ± 84,17 a	3.725,63 ± 107,11 b
Q75-Q25 (Hz)	3.180,57 ± 91,61 a	3.046,77 ± 116,58 a
Entropie	0,401 ± 0,006 a	0,383 ± 0,008 b
Lautlänge (Sek)	0,553 ± 0,011 a N = 162	0,586 ± 0,014 b N = 81

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.5.4 Lautparameter im Grunzlaut bei aufeinanderfolgenden Würfen derselben Sau

Auf Grund der Datenmenge konnten nur für den Lauttyp des Grunzers ein Wurfefekt berechnet werden. Von 11 Sauen (Tab. 11 und 12) lagen von Ferkeln mehrerer Würfe (bis zu 3 Würfe einer Sau) Lautparameter für den Grunzlaut vor. In den Lauttypen der Quieker und Schreie konnte dies auf Grund der geringen Datenmenge nicht erreicht werden.

Zwischen den einzelnen Würfen einer Sau konnten signifikante Unterschiede in den Lautparametern bestimmt werden. Für den Lautparameter *Lautlänge* lagen zwischen den Ferkeln des:

1. und 3. bzw. 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 597,
2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 624,
2. und 3. bzw. 2. und 4. untersuchten Wurfes der Sau 633,
2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 641,
1. und 2. untersuchten Wurfes der Sau 658,

2. und 3. bzw. 2. und 4. untersuchten Wurfes der Sau 666 und
 1. und 2. untersuchten Wurf der Sau 674
 signifikante Unterschiede vor.

Der Anteil der Varianz an der Gesamtvarianz betrug in diesem Lautparameter
 16,13%.

Im Lautparameter Peakfrequenz bestanden signifikante Unterschiede zwischen den
 Ferkeln des:

- 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 568,
- 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 633,
- 1. und 2. untersuchten Wurfes der Sau 662,
- 2. und 3. bzw. 3. und 4. untersuchten Wurfes der Sau 666 und dem
- 1. und 2. untersuchten Wurfes der Sau 674.

Ebenfalls signifikante Unterschiede im Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-
 Frequenzquartil bestanden zwischen den Tieren des:

- 1. und 2. bzw. 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 597,
- 2. und 3. bzw. 2. und 4. untersuchten Wurfes der Sau 633,
- 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 641,
- 1. und 2. untersuchten Wurfes der Sau 658 und dem
- 2. und 3. untersuchten Wurfes der Sau 675.

Im Parameter der Entropie lagen folgende signifikante Unterschiede zwischen den
 Ferkeln aufeinanderfolgender Würfen einer Sau vor:

- 1. und 2. bzw. 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 597,
- 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 624,
- 2. und 3. bzw. 2. und 4. untersuchten Wurf der Sau 633,
- 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 641,
- 1. und 2. untersuchten Wurf der Sau 658,
- 1. und 2. untersuchten Wurf der Sau 662,
- 2. und 4. bzw. 3. und 4. untersuchten Wurf der Sau 666 und dem
- 2. und 3. untersuchten Wurf der Sau 675.

Die Anteile der Varianz an der Gesamtvarianz des Merkmals betragen bei der Peakfrequenz 3,42 %, bei Q75-Q25 10,24 % und bei der Entropie 14,25 %.

Tabelle 11: Übersicht über die Lautparameter im Grunzlaut bei mehreren Würfen einer Sau

	Untersuchungs- wurf 1	Untersuchungs- wurf 2	Untersuchungs- wurf 3	Untersuchungs- wurf 4
<i>Pi*</i>				
503				
dur		0,27 ± 0,007 a	0,27 ± 0,01 a	
pf		327,17 ± 25,08 a	324,95 ± 21,02 a	
Q7525		691,88 ± 82,97 a	806,44 ± 69,54 a	
ent		0,20 ± 0,004 a	0,21 ± 0,003 a	
568				
dur		0,29 ± 0,01 a	0,30 ± 0,007 a	
pf		277,77 ± 31,47 a	395,87 ± 18,00 b	
Q7525		728,70 ± 104,10 a	921,45 ± 59,55 a	
ent		0,21 ± 0,005 a	0,21 ± 0,003 a	
633				
dur		0,42 ± 0,006 a	0,31 ± 0,008 b	0,31 ± 0,008 b
pf		386,24 ± 16,82 a	325,24 ± 20,76 b	369,13 ± 20,52 a, b
Q7525		931,00 ± 55,64 a	592,25 ± 68,69 b	555,66 ± 67,88 b
ent		0,22 ± 0,003 a	0,19 ± 0,003 b	0,19 ± 0,003 b
641				
dur		0,27 ± 0,01 a	0,34 ± 0,01 b	
pf		364,50 ± 32,38 a	418,23 ± 32,38 a	
Q7525		575,09 ± 107,12 a	1485,49 ± 107,12 b	
ent		0,20 ± 0,005 a	0,24 ± 0,005 b	
<i>DE*</i>				
658				
dur	0,21 ± 0,01 a	0,26 ± 0,01 b		
pf	382,81 ± 27,44 a	416,58 ± 36,11 a		
Q7525	896,19 ± 90,78 a	493,17 ± 119,47 b		
ent	0,22 ± 0,005 a	0,19 ± 0,006 b		
674				
dur	0,34 ± 0,01 a	0,29 ± 0,009 b		
pf	412,79 ± 24,93 a	554,58 ± 23,60 b		
Q7525	537,32 ± 82,49 a	546,45 ± 78,07 a		
ent	0,21 ± 0,004 a	0,21 ± 0,004 a		

*Genotyp der Sau / Pietraineber sind die Väter der untersuchten Ferkel

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

Tabelle 12: Fortsetzung Tabelle 11: Übersicht über die Lautparameter im Grunzlaut bei mehreren Würfen einer Sau

	Untersuchungs- wurf 1	Untersuchungs- wurf 2	Untersuchungs- wurf 3	Untersuchungs- wurf 4
<i>DL*</i>				
597				
dur	0,31 ± 0,01 a	0,31 ± 0,01 a	0,27 ± 0,01 b	
pf	385,60 ± 36,11 a	357,64 ± 28,04 a	367,29 ± 25,08 a	
Q7525	949,02 ± 119,47 a	512,50 ± 92,76 b	837,29 ± 82,97 a	
ent	0,21 ± 0,006 a	0,19 ± 0,005 b	0,21 ± 0,004 a	
624				
dur		0,22 ± 0,008 a	0,28 ± 0,008 b	
pf		351,45 ± 20,20 a	308,98 ± 21,28 a	
Q7525		966,03 ± 66,83 a	852,20 ± 70,42 a	
ent		0,22 ± 0,003 a	0,21 ± 0,003 b	
662				
dur	0,26 ± 0,014 a	0,28 ± 0,010 a		
pf	501,14 ± 39,08 a	341,08 ± 24,11 b		
Q7525	386,00 ± 129,30 a	610,76 ± 79,75 a		
ent	0,21 ± 0,007 a	0,19 ± 0,004 b		
666				
dur		0,39 ± 0,005 a	0,32 ± 0,008 b	0,30 ± 0,01 b
pf		395,92 ± 14,83 a	324,60 ± 20,44 b	459,42 ± 32,06 a
Q7525		494,23 ± 49,07 a	610,85 ± 67,61 a	453,65 ± 106,08 a
ent		0,19 ± 0,002 a	0,18 ± 0,003 a	0,21 ± 0,005 b
675				
dur		0,25 ± 0,01 a	0,24 ± 0,008 a	
pf		326,75 ± 26,88 a	309,68 ± 20,44 a	
Q7525		817,43 ± 88,92 a	503,59 ± 67,61 b	
ent		0,21 ± 0,004 a	0,20 ± 0,003 b	

*Genotyp der Sau / Pietraineber sind die Väter der untersuchten Ferkel

Unterschiedliche Buchstaben in derselben Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.5.5 Lautparameter und Körpermaße

Zur Darstellung möglicher Abhängigkeiten zwischen den Lautparametern (Lautlänge, Peakfrequenz und Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %- Frequenzquartil) und den Körpermaßen wurden Korrelationen berechnet.

Die Korrelation zwischen Lautlänge und Brustumfang betrug 0,121 ($p < 0,001$). Die Korrelationen zwischen Peakfrequenz und Körperlänge bzw. Q75-Q25 und Körperlänge fielen sehr gering aus und konnten statistisch nicht abgesichert werden (Tab. A 2).

4.6 Ergebnisse der Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse als indirektes Verfahren zur Prüfung, ob die automatisch klassifizierten Lautgruppen mit der subjektiven Einteilung übereinstimmen, wurde zusätzlich mit einer multivariaten Varianzanalyse zur Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Lauttypen und einer ANOVA, die jeden der LPC-Vektoren separat auf signifikante Unterschiede prüft, untersetzt. Ziel der Diskriminanzanalyse ist es, die Anzahl bzw. den Prozentsatz der richtig klassifizierten Laute bezüglich der Lauttypen zu berechnen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse basierend auf der Berechnung mit den LPC-Koeffizienten innerhalb der verschiedenen Genotypen dargestellt.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse ergaben, dass 99,93 % der Grunzlaute bei den reinrassigen Pietrains richtig klassifiziert wurden. In den Lauttypen der Schreie bzw. der Quieklaute waren es 93,86 % bzw. 60,87 % (Tab. A 3).

Mit einer Fehlerquote von nur 0,10 % wurden die Grunzlaute der Rasse Duroc auch in dieselbe Lautgruppe eingeteilt. Von den Quieklauten wurden 71,19 % und bei den Schreien wurden 84,78 % in die richtige Lautgruppe klassifiziert (Tab. A 4).

Die Grunzlaute der Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein konnten mit 99,88 % der Gruppe der Grunzer zugeordnet werden. Ca. die Hälfte der Quieklaute wurde auch als solche klassifiziert. Die Schreie wurden zu 88,36 % ebenfalls in die Klasse der Schreie eingeteilt (Tab. A 5).

Auch bei der Rassekreuzung Deutsches Edelschwein x Pietrain wurden 99,85 % der Grunzer der richtigen Klasse der Grunzlaute zugeteilt. Die Schreie konnten mit 88,56 % und die Quieklaute mit 65,35 % richtig zugeordnet werden (Tab. A 6).

Es wurden 99,91 % der Grunzlaute der Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Pietrain der Klasse der Grunzer zugeordnet. Bei den Quieklauten und den Schreien waren es 68,21 % und 87,50 % der Laute, die der richtige Lautgruppe zugeordnet werden konnten (Tab. A 7).

Die MANOVA ergab höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Lauttypen innerhalb der 5 verschiedenen Genotypen. Bei der Betrachtung der einzelnen Genotypen waren die Ergebnisse der ANOVA unterschiedlich. Jeweils 2 LPC-Vektoren entsprechen eine Resonanzfrequenz (LPC-Vektor 1 und 2 = 1. Resonanzfrequenz).

Im Genotyp Pietrain zeigten sich signifikante Unterschiede in der zweiten Resonanzfrequenz (entspricht LPC-Vektor 3 und 4) sowie in den Resonanzfrequenzen 4-6 (entspricht LPC-Vektor 7-12). Bei den Durocferkeln lagen signifikante Unterschiede in der 1., 3., 4. und 6. Resonanzfrequenz, bei den reinrassigen Deutschen Edelschweinen in der 1., 2. und 4. Resonanzfrequenz vor. Innerhalb der Rassekreuzungen DE x Pi waren die 1. und 5. Resonanzfrequenz und bei den Kreuzungstieren DL x Pi die 1. Resonanzfrequenz nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.6.1 Beispielhafte visuelle Darstellung der automatischen Klassifikation

Zur visuellen Darstellung der Lauteinteilung im Kohonen-Netz durch die automatische Klassifikation mit dem speziell entwickelten Analyseprogramm wurde beispielhaft eine Analyse bei einer gleichmäßigen Klassenverteilung der Laute der verschiedenen Genotypen durchgeführt. Dabei wurde die Lautklasse mit den wenigsten LPC-Vektoren als Maßstab genutzt und aus den weiteren Lautklassen zufällig vollständige Laute herausgefiltert, um ungefähr die selbe Anzahl LPC-Vektoren in jeder Lautklasse zu erreichen. Somit ergaben sich für die einzelnen Genotypen folgende Anzahl LPC-Vektoren in den einzelnen Lauttypen:

Tabelle 13: Übersicht der Anzahl LPC-Vektoren bei ähnlicher Klassenbesetzung innerhalb der Genotypen

	Grunzer*	Quieker*	Schreie*
DE x DE	78	59	79
DE x Pi	102	101	97
DL x Pi	173	173	177
Du x Du	59	57	40
Pi x Pi	61	69	80

* Anzahl LPC-Vektoren

Dies wurde durchgeführt, um die Möglichkeit der visuellen Darstellung zu verdeutlichen (vgl. Abschnitt 3.5.2 Software und Einstellungen). Bei ungleicher Klassenbesetzung, besonders bei sehr großen Differenzen in der Anzahl der Laute zwischen den einzelnen Lauttypen, ist eine so präzise Darstellung nicht möglich.

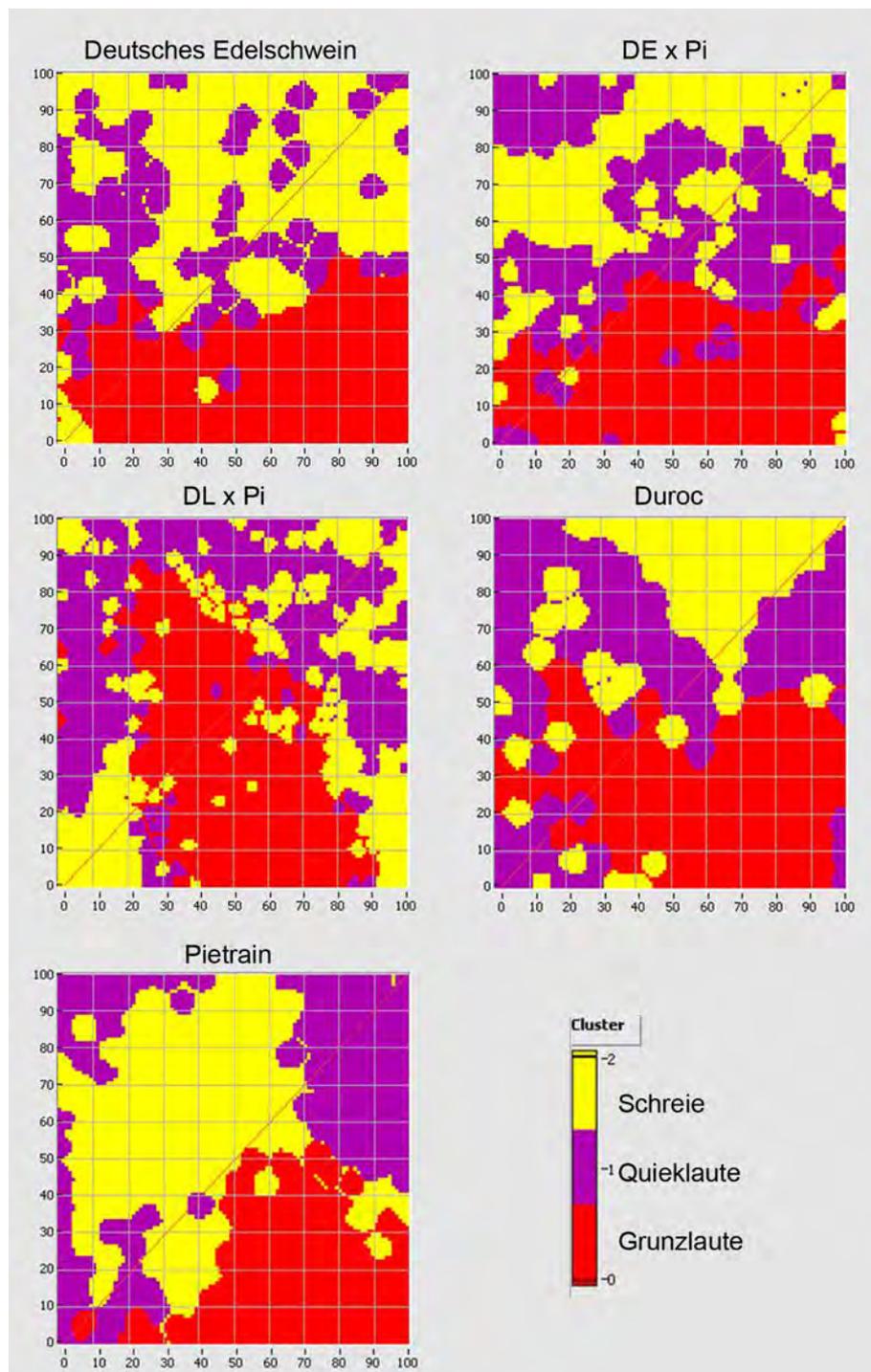


Abbildung 22: Ergebnisse der LPC-Klassifikation des trainierten Kohonen-Netzes mit einer ähnlichen Klassenbesetzung der Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein (oben links), der Rassekreuzung DE x Pi (oben rechts), DL x Pi (mitte links), des Genotyps Duroc (mitte rechts) und Pietrain (unten links).

5 DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war es, die Vokalisation und Lokomotion von 9 Tage alten Saugferkel in einer standardisierten Situation des Open Field Tests zu erfassen. Dabei sollte festgestellt werden, ob der Genotyp und das Geschlecht der Ferkel, die Tageszeit oder der Wurf einen Einfluss auf die Vokalisation, die Lokomotion und das Ausbruchverhalten ausüben. Diese Arbeit konzentrierte sich auf 3 verschiedene Lauttypen (Grunzlaut, Quieklaut und Schreie) und sollte die Frage beantworten, ob die o. g. Faktoren sowie die Körpermaße der Ferkel die Lautparameter (Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %- Frequenzquartil, Entropie) der einzelnen Lauttypen beeinflussen. Weiterhin sollten die Lauttypen mit einem speziellen Lautanalyseprogramm automatisch klassifiziert werden. Daraus ergab sich die Fragestellung, ob eine Phänotypisierung der Ferkel mit Hilfe der automatischen Lautklassifikation und der ermittelten Lautparameter möglich ist.

5.1 Diskussion der Methodik der Lautanalyse und Lauteinteilung

In den Arbeiten von FRASER (1974; 1975a; 1975b), WEARY et al. (1999) HILLMANN et al. (2003) und HEBERER (2006) wurden Ferkel einer standardisierten Isolationssituation ausgesetzt. Diese erfolgte durch Open Field Tests, deren Dauer 10 Minuten betrug (FRASER 1974; WEARY et al., 1999; HILLMANN et al., 2003; HEBERER, 2006). In diesen Tests wurden die Vokalisation, die Lokomotion und das Ausbruchverhalten der Tiere ermittelt.

In den eigenen Untersuchungen wurde mit 628 Saugferkeln am 9. Lebenstag ein 10-minütiger Open Field Test durchgeführt. Das Open Field war ein 4 m² großer schallisolierter Raum, mit dem gute Lautaufnahmen der Ferkel realisiert werden konnten. Über eine mittig installierte Kamera in 1,60 m Höhe konnten außerdem die Lokomotion und das Ausbruch- und Eliminationsverhalten aufgezeichnet werden.

Die Auswahl der Ferkel erfolgte anhand des Genotyps. Es wurden ausschließlich Tiere der Rassen Deutsches Edelschwein, Pietrain und Duroc sowie Kreuzungstiere Deutsches Edelschwein x Pietrain und Deutsche Landrasse x Pietrain für die Untersuchungen ausgewählt.

Die Aufnahme der Vokalisation während des Open Field Tests mit einem Sennheiser ME 64 Kondensatormikrofon und der PC-kompatiblen Audiosoftware Avisoft SASLab Pro® Recorder (Avisoft Bioacoustics, Berlin) erwies sich als sinnvoll, da nach Ablauf der fest eingestellten Zeit von 600 Sekunden die Lautdateien in digitalisierter Form vorlagen.

Die Soundcard des Aufnahmeprogramms wurde in Anlehnung an SCHÖN et al. (2006) und DÜPJAN (2008) mit einer Abtastrate von 22.050 Hz eingestellt; diese sollte doppelt so hoch sein wie die höchste Frequenz. Laut WEARY et al. (1998) können die hochfrequenten Schreie mit der gewählten Abtastrate von 22.050 Hz analysiert werden. Allerdings stellte sich bei der Analyse der Laute heraus, dass die Abtastrate zu gering gewählt war und somit nicht das ganze Frequenzspektrum, z. B. der Schreilaute, abgedeckt werden konnte.

Aus der Abbildung 23 ist ersichtlich, dass die Frequenzen der Schreilaute 10 kHz überschreiten, da ein abrupter Abschluss der oberen Frequenzen am oberen Bildrand erkennbar ist.

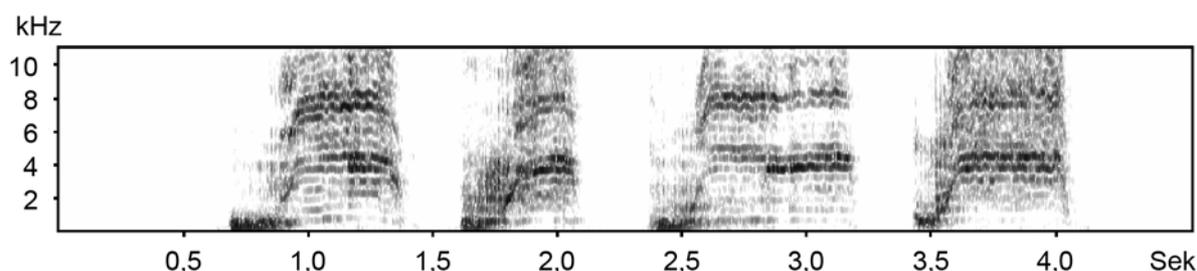


Abbildung 23: Darstellung von Schreilaute im Spektrogramm

Da jedoch durch Playbackversuche nachgewiesen wurde, dass die Hauptnachricht des Lautes in den Frequenzen < 10 kHz liegt (WEARY und FRASER, 1995b) und die gewählten Lautparameter diese Frequenzhöhe nicht überschritten, konnten die Daten dennoch zur Analyse genutzt werden.

Die Lauttypen wurden in Anlehnung an MARX et al. (2003) und PUPPE et al. (2005) in Grunzer, Quieker und Schreie eingeteilt. In den eigenen Untersuchungen wurde eine erste Zuordnung der Laute in eine der 3 Klassen anhand akustischer und visueller Merkmale (Darstellung im Spektrogramm) vorgenommen (Abb. 6, S. 46). Im weiteren Verlauf der Analysen stellte sich das Problem der automatischen Klassifizierung der Laute heraus. Das Analyseprogramm STREMOD0 (Big Dutchmann GmbH, Vechta) unterscheidet Laute in Stress- und Nichtstresslauten. In

der vorliegenden Arbeit sollten 3 verschiedene Lauttypen voneinander unterschieden werden. Dafür wurde ein speziell entwickeltes Analyseprogramm mit der Ausgangssoftware LabView (National Instruments, USA) genutzt. Die Klassifizierung der Grunzlaute war erfolgreich. Die Fehlerquote bei der Zuordnung in die Klasse der Grunzlaute lag bei $\leq 0,15$ %. Eine Schwierigkeit stellten die Quieklaute dar. Dieser Lauttyp ist dem der Schreie ähnlich, wodurch diese beiden Lauttypen schwerer voneinander zu unterscheiden sind. Trotz alledem wurden die Quieklaute zu 54,24 % bis 71,19 % der richtigen Klasse zugeordnet. Die richtige Zuordnung der Schreie in den Lauttyp der Schreie war mit Werten zwischen 84,78 % bis 93,86 % sehr gut.

DÜPJAN (2008) ermittelte eine korrekte Klassifizierung von Angstlauten zwischen 50 % und 100 %. SCHÖN et al. (2003), MANTEUFFEL und SCHÖN (2004) sowie PUPPE et al. (2005) bezifferten die Fehlerquote bei der automatischen Klassifizierung der Stressvokalisation zwischen 0,0 % und 4,4 %.

Eine Fehlklassifizierung von < 5 %, wie es das Analyseprogramm STREMODO aufweist, war in den eigenen Untersuchungen nur im Grunzlaut zu erreichen (SCHÖN und MANTEUFFEL, 2001; SCHÖN, 2004; PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al. 2006; DÜPJAN, 2008).

Jedoch zeigten die Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse höchstsignifikante Unterschiede bei der Differenzierung in die untersuchten Lauttypen. Diese waren vorrangig von bestimmten Resonanzfrequenzen abhängig, wobei sich diese zwischen den einzelnen Genotypen unterschieden.

Die graphische Darstellung (2 dimensionale Darstellung) der Lautklassifizierung durch das angelernte Kohonen-Netz konnte nur bei gleicher Klassenbesetzung in den 3 Lauttypen zu einem befriedigenden Ergebnis gelangen. Nach SCHÖN et al. (2001) ist die graphische Darstellung in der 3-D-U-Matrix bzw. in der zweidimensionalen Darstellung unabhängig der Dateninputmenge. In der genannten Arbeit wurden zwischen 26 und 62 Schreie pro Ferkel für eine Klassifizierung genutzt. In den eigenen Untersuchungen waren die Differenzen zwischen den Lauttypen um ein Vielfaches höher und somit unzureichend, um eine zufriedenstellende graphische Darstellung des Klassifizierungsergebnisses zu bekommen. Eine klare Differenzierung im Bild war damit nicht gegeben (Abb. A1).

5.2 Diskussion der betrachteten Lauttypen

In der vorliegenden Arbeit wurden unter standardisierten Bedingungen eines Open Field Tests 3 Lauttypen (Grnzlaute, Quieklaute, Schreie) 9 Tage alter Saugferkel fünf verschiedener Genotypen differenziert. Eine erste Einteilung der Laute erfolgte anhand des subjektiven Hörempfindens in die jeweilige Lautgruppen.

Anhand dieser Lauteinteilung konnten im weiteren Verlauf mit dem Lautanalyseprogramm Avisoft SASLab Pro® (Avisoft Bioacoustics, Berlin) Lautparameter bestimmt werden, die bestimmte Eigenschaften der Ferkellaute beschrieben. Diese wurden ebenfalls in Anlehnung an PUPPE et al. (2005), SCHÖN et al. (2006) und DÜPJAN (2008) ausgewählt. Die zu bestimmenden Lautparameter bezogen sich auf die Anzahl Laute während des 10-minütigen Open Field Tests, die Lautlänge (Sek.), die Peakfrequenz (Hz), den Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil (Hz) und die Entropie.

In den Untersuchungen von SCHÖN et al. (2006) wurden Laute männlicher Ferkel während der Kastration aufgenommen und mit Hilfe des Analyseprogramms Avisoft SASLab Pro® Lautparameter (Anzahl Laute/Sek, Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil, Entropie) beschrieben. Dies erfolgte ausschließlich anhand der hochfrequenten Stressvokalisation (Quieker und Schreie). In den eigenen Untersuchungen lagen die durchschnittlichen Werte der Peakfrequenz (Quieklaute: $2.939,46 \pm 44,18$ Hz; Schreie: $3.486,20 \pm 76,47$ Hz) und des Abstands zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil (Quieklaute: $3.569,65 \pm 48,11$ Hz; Schreie: $3.115,95 \pm 83,26$ Hz) im Bereich der in der o. g. Literatur aufgeführten Werte. SCHÖN et al. (2005) bezifferte die Peakfrequenz der Stressvokalisation der Ferkel auf Werte zwischen $2.778,42 \pm 88,67$ Hz und $3.249,92 \pm 106,47$ Hz, abhängig von der Kastrationsphase (voroperative Phase, operative Phase, nachoperative Phase). In der Literatur lagen die Werte im Lautparameter Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil zwischen $2.823,07 \pm 129,38$ und $3.192,17 \pm 104,11$ Hz. Die Lautdauer und die Entropiewerte waren in den eigenen Untersuchungen geringer als bei SCHÖN et al. (2005). Das wird wahrscheinlich damit zusammenhängen, dass der Kastrationsprozess, der einen schmerzhaften Eingriff darstellt, zu längeren Lauten führt (SCHÖN et al. 2005). Diese sind ein Zeichen für ein hohes Maß an Stress bzw. Angst bei den betroffenen Tieren (von BORELL et al. 2009).

In den Arbeiten von MARX et al. (2003) und PUPPE et al. (2005) wurden die Lautlängen nieder- und hochfrequenter Laute ausgewertet. Diese Laute wurden während der Kastration von männlichen Ferkeln abgegeben. Die niederfrequenten Laute (Grunzer) wiesen Werte für die Lautlänge zwischen 0,15 und 0,6 Sek. während der operativen Phase der Kastration auf. In den Phasen vor- und nachoperativ lagen die Lautlängen im Bereich von ca. 0,22 bis 0,3 Sek. (voroperative Phase) bzw. 0,3 bis 0,5 Sek. in der nachoperativen Phase. Die hochfrequenten Laute (Quieker und Schreie) lagen über alle 3 Kastrationsphasen im Bereich zwischen 0,8 und 1,3 Sek. (PUPPE et al. 2005). In den Untersuchungen von MARX et al. (2003) wurde die Lautlänge der Grunzer mit $557,6 \pm 26,0$ ms, die der Quieker mit $555,7 \pm 27,0$ ms und die der Schreie mit $828,0 \pm 27,7$ ms während des Kastrationsprozesses angegeben. Die ermittelten durchschnittlichen Lautlängen der Grunzlaute ($0,301 \pm 0,001$ Sek.) in den eigenen Untersuchungen lagen im Bereich der Lautdauer der niederfrequenten Laute in der voroperativen Kastrationsphase aus der Arbeit von PUPPE et al. (2005). Diese Phase bestand aus einem 1-minütigen (kopfüber) Festhalten der Tiere. Die ermittelten Werte für den Parameter Lautlänge im Lauttyp des Quiekers lag unterhalb der in der Literatur aufgeführten Werte und die der Schreie lagen im Wertebereich, die MARX et al. (2003) publizierten.

Diese Übereinstimmung könnte mit dem Alter der Tiere zusammenhängen. In der Arbeit von PUPPE et al. (2005) wurden 14 Tage alte Ferkel für die Vokalisationsanalyse untersucht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Körpermaße, insbesondere der Brustumfang, ähnlich denen der 9 Tage alten Ferkel der eigenen Untersuchungen waren. Die positive Korrelation zwischen Brustumfang und Lautlänge zeigte, dass die Laute bei einem größer werdenden Brustumfang auch länger werden können. Ein größerer Brustumfang spiegelt ein größeres Lungenvolumen wider, da außer dem Herz keine weiteren Organe im oberen Brustbereich liegen (LOEFFLER und GÄBEL, 2009) und somit mehr Luft für einen langen Laut zur Verfügung steht. In der Arbeit von WEARY (1999) wurde gefunden, dass die Lautdauer bei älteren Tieren signifikant länger war als bei den jüngeren Artgenossen.

Der in den eigenen Untersuchungen durchgeführte Open Field Test mit 9 Tage alten Saugferkeln entspricht einer kurzzeitigen Isolation, wie sie auch von BORELL et al.

(2009) in der Literatur beschrieben. Die Autoren definierten ebenfalls 3 Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie) und werteten diese mit Hilfe verschiedener Lautparameter aus. Unter anderem wurde die Lautlänge betrachtet. Diese lag im Lauttyp des Grunzers im Bereich von 400 ms, bei den Quiekern zwischen ca. 370 und 400 ms, und die Schreie wurden mit einer Lautlänge von ca. 500 bis 800 ms angegeben. Es wurden Saugferkel einem Open Field Test ausgesetzt, die aus verschiedenen Abferkelsystemen kamen (Einzelabferkelsystem vs. Gruppenabferkelsystem). Nach Ansicht der Autoren resultierten daraus die variierenden Werte bei den Quiekern und Schreien, wobei die Ferkel aus dem Gruppenabferkelsystem eine signifikant kürzere Lautdauer zeigten als die Ferkel aus den Einzelabferkelsystemen. In den eigenen Untersuchungen wurden die Saugferkel gemeinsam mit der Muttersau und den Geschwisterferkel 3 bis 4 Wochen in Einzelabferkelsystemen gehalten. Die Werte der Lautlänge der untersuchten Lauttypen in den eigenen Analysen sind kaum mit der in der genannten Literatur vergleichbar. Die Grunzer wiesen eine Lautlänge von $0,301 \pm 0,001$ Sek., die Quieker einen Wert von $0,152 \pm 0,005$ Sek auf. Die Schreie hatten eine Dauer von $0,569 \pm 0,01$ Sek. und waren somit kürzer als die Vergleichswerte aus der Literatur. Eine Erklärung für diese Differenzen in der Lautlänge kann in der Methode liegen. In den eigenen Untersuchungen wurde die Lautlänge von > 4.800 Grunzlauten, > 450 Quieklauten und > 240 Schreien analysiert. Diese Laute waren frei von Überlagerungen mit Störgeräuschen, die unter Umständen die Lautlänge bzw. andere Lautparameter beeinflussen konnten. Von BORELL et al. (2009) hatten für ihre Analyse insgesamt 11.089 Laute zur Verfügung, die während des Open Field Tests aufgenommen wurden. Die eigenen Untersuchungen ergaben, dass über 50 % der Tiere (391 Tiere) Ausbruchversuche zeigten bzw. dass Störgeräusche von außen auftraten, die Laute verfälschten. Aus der Arbeit von von BORELL et al. (2009) ist nicht ersichtlich, ob die analysierten Laute frei von Störgeräuschen bzw. Überlagerungen waren. Dies kann ein Grund sein, dass der Parameter Lautlänge Differenzen zwischen den beiden Untersuchungen aufweist.

DÜPJAN (2008) ermittelte Lautparameter von 64 kurzen Grunzern, von 156 langen Grunzern (mit einem deutlich erkennbaren Frequenzband) und von 66 langen Grunzern (mit mehr als einem deutlich erkennbaren Frequenzband), die in sozialer Isolation von heranwachsenden weiblichen Schweinen (10 Wochen alt) abgegeben wurden. Die Autorin nutzte für die Analyse ebenfalls nur Laute, die frei von

Störgeräuschen waren. Die Lautdauer betrug bei den kurzen Grunzern ca. 0,2 Sek. und bei den langen Grunzern 0,5 – 0,6 Sekunden. Die Werte der Peakfrequenzen bewegten sich im Bereich von 400 – 500 Hz. Dies deckt sich mit den eigenen Werten für die Lautlänge und Peakfrequenz im Lauttyp des Grunzers. Die ermittelten Werte für die Entropie und den Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil in den eigenen Untersuchungen liegen niedriger als die Werte in der Arbeit von DÜPJAN (2008). Dieser Unterschied kann mit dem Alter der untersuchten Tiere erklärt werden. DÜPJAN (2008) nutzte 10 Wochen alte Tiere, in den eigenen Untersuchungen waren die Ferkel 9 Tage alt.

Nach DÜPJAN (2008) bedingen sowohl längere Stimmlippen als auch die Filtereigenschaften des Vokaltraktes bei älteren Schweinen tiefere Frequenzen. Der mögliche Alterseinfluss konnte anhand der Peakfrequenz bei den 9 Tage alten Ferkeln und den 10 Wochen alten Schweinen jedoch nicht bestätigt werden.

Laute, die Unbehagen oder Schmerz darstellen, sind von höherer Frequenz und auch tonaler. Das hat mit der Tatsache zu tun, dass diese Laute eine Alarmbereitschaft als Signalwirkung besitzen. Diese soll Artgenossen auf eine drohende Gefahr hinweisen. Grunzlaute sind nach KILEY (1972) und MARCHANT et al. (2001) Kontaklaute oder mit Erkundungsverhalten verbunden. Dies spiegelt u. a. die niedrige Frequenzhöhe wider, die als nicht bedrohlich aufgefasst wird. Auch Grunzlaute können in Situationen auftreten, die für die Tiere mit Unbehagen verbunden sind. Durch kurze Intervalle zwischen den einzelnen Grunzern ist vom subjektiven Hören der Eindruck vorhanden, dass das Tier unruhig sein könnte.

5.3 Diskussion des Parameters Lautanzahl

In den nachfolgenden Punkten soll der Einfluss verschiedener Parameter auf die Lautanzahl diskutiert werden.

5.3.1 Unterschiede zwischen Genotypen und Geschlechtern

In den vorliegenden Untersuchungen vokalisiert die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein mit Abstand am wenigsten ($287,29 \pm 37,08$ Laute/10 min), dahingegen lag die Gesamtlautanzahl pro 10 min bei den Kreuzungstiere mit $534,59 \pm 20,23$

Laute (DE x Pi) bzw. mit $590,73 \pm 15,86$ Laute (DL x Pi) am höchsten. Die Lautanzahl in 10 Minuten war zwischen allen Rassen signifikant verschieden, mit Ausnahme der Tiere der Rasse Pietrain im Vergleich zu den Ferkeln der Rasse Duroc. Diese Ergebnissen decken sich mit denen von BUCHENAUER und MAYER (1988), bei denen es Rasseunterschiede hinsichtlich der Vokalisation zwischen der reinerbigen Deutschen Landrasse und einer Kreuzung aus DL x Du gab. Wie auch in den eigenen Untersuchungen vokalisiert die Kreuzungstiere signifikant mehr als die reinerbigen Artgenossen.

In der vorliegenden Literatur wurde oftmals nur eine Rasse bzw. Rassekreuzung hinsichtlich der Vokalisation betrachtet - Vergleiche fanden nicht statt (FRASER, 1975a; WEARY et al., 1999; MARCHANT et al., 2001; HEBERER, 2006).

Es konnte bei fast allen Genotypen, außer der Rasse Pietrain, ein typischer Verlauf der Vokalisationshäufigkeit beobachtet werden (Abb. 13). Am Beginn der Testphase lag die Vokalisationshäufigkeit niedriger als in der 5. Minute des Open Field Tests und sank in der 10. Minute wieder ab. FRASER (1974; 1975a) bemerkte ebenfalls eine Steigerung der Vokalisationshäufigkeit während des Tests, wobei der Autor zu Beginn des Open Field Tests mehr (kurze) Grunzer als vorherrschenden Lauttyp ermittelte. Die Häufigkeit von Langen Grunzern und Schreien stieg an, wenn die Lautanzahl insgesamt anstieg (FRASER, 1974). Schweine, die wenig vokalisiert, gaben in der Mehrzahl (kurze) Grunzer von sich, während bei viel vokalisierenden Schweinen die langen Grunzer und die Schreie vorherrschend waren. Diese Schweine zeigten auch die größere Lokomotion (FRASER, 1974; 1975a). Ebenfalls einen typischen Verlauf der Vokalisation stellte DÜPJAN (2008) fest. Die Autorin registrierte, wie FRASER (1974; 1975), zuerst kurze Grunzer, gefolgt von langen Grunzern und bei einer größer werdenden Erregung die Lauttypen des Quiekers und des Schreis. Nichtharmonische Laute, wie es der Grunzlaut darstellt, spiegeln nach DÜPJAN (2008) einen geringeren Stresspegel wider. Bei steigender Belastung wandelt sich die Vokalisation, indem vermehrt harmonische Laute (Quieker und Schreie) abgegeben werden.

Somit kann vermutet werden, dass am Anfang einer Isolationssituation die Erregung noch relativ gering ist, da vermutlich die Neugier und das Erkundungsverhalten im

Anfangsstadium die Angst vor der unbekanntem Situation überwiegen. Bei längerer Isolation steigt offensichtlich die Erregung an. Dies kann durch die vermehrte Anzahl von Stressvokalisation beobachtet werden (FRASER, 1974; 1975a). Auch die Anzahl der Ausbruchversuche steigt an. Weiterhin konnte in den eigenen Untersuchungen festgestellt werden, dass 50 % der Ferkel, von denen der Urin- und Kotabsatz während des Open Field Tests zeitlich dokumentiert wurde, zwischen der 207. und 425. Sekunde urinierten bzw. zwischen der 217. und 415. Sekunde koteten. 25 % der Tiere urinierten bis zur 207. Sekunde und koteten bis zur 217. Sekunde. Auch dies zeigt, wenn das Eliminationsverhalten als Parameter für Erregung herangezogen werden kann, dass 75 % der Tiere nach einem Viertel des Open Field Tests Ausscheidungsverhalten zeigten.

Die Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der Vokalisation waren bei BUCHENAUER und MAYER (1988) gering und in den eigenen Untersuchungen nicht vorhanden. Die männlichen und weiblichen Tiere zeigten eine annähernd gleiche Vokalisationshäufigkeit ($\text{♂ } 507,2 \pm 14,6$ vs. $\text{♀ } 516,19 \pm 13,74$ Laute/10 Minuten).

Es kann somit nicht gesagt werden, ob männliche Tiere ängstlicher bzw. erregbarer sind als die weiblichen Artgenossen. Die tierindividuelle Erregungsleistung hängt eng mit Erfahrungen zusammen, die unabhängig vom Geschlecht sind.

5.3.2 Lokomotionsverhalten

Übereinstimmend mit anderen Autoren (FRASER, 1974; 1975a; HEBERER, 2006) hängt die Vokalisationshäufigkeit eng mit der Lokomotion zusammen. Dies belegt der ermittelte Korrelationskoeffizient $r = 0,52$ für den Zusammenhang zwischen der Gesamtlautanzahl und der Lokomotion während des Open Field Tests. Eine erhöhte Vokalisations- und Lokomotionshäufigkeit ist nach einigen Autoren ein Zeichen für die individuelle Erregung des Tieres (KILEY, 1972; von BORELL und LADEWIG, 1992; BÜNGER et al., 2000). Demnach ist zu vermuten, dass Ferkel mit einer geringen Vokalisation und Lokomotion in einer Stresssituation belastbarer sind. Die individuelle Erregung spiegelt sich oftmals im Hormonhaushalt der Tiere wider. Erhöhte Cortisolwerte während einer Testsituation bewirken eine Steigerung der Aktivität (Lokomotion und Fluchtversuche) und eine Zunahme der Vokalisationshäufigkeit (von BORELL und LADEWIG, 1992).

Die soziale Motivation kann ein sehr einflussreicher Faktor während eines Open Field Tests sein, insbesondere wenn sozial lebende Tiere plötzlich von ihren Artgenossen isoliert werden (FORKMAN et al. 2007).

In den eigenen Untersuchungen zeigte ein Ferkel (♂; reinrassig Pietrain, klinisch gesund) während der gesamten 10-minütigen Testdauer keine Vokalisation bzw. Lokomotion.

Nach FORKMAN et al. (2007) kommt der Behandlung der Tiere vor dem Open Field Test eine besondere Bedeutung zu. So sollten die Tiere den Weg zur Testarena schon vorab kennen, um so stressfrei wie möglich in den Test zu gehen. Da in den eigenen Untersuchungen alle Ferkel dieselbe Prozedur vor dem Open Field Test erfuhren, kann es nicht zu einem Lerneffekt gekommen sein.

5.3.3 Eliminationsverhalten

Das Ausscheidungsverhalten der Ferkel im 10-minütigen Open Field Test war auf Grund des Erregungszustandes der Tiere nicht einheitlich. Die Auswertung des Ausscheidungsverhaltens ergab, dass die Tiere oftmals in mehreren kleinen Mengen urinieren oder koteten. Die Auswertung des Videomaterials ließ schließen, dass ein Großteil der Ferkel während der Urin- bzw. Kotausscheidung nicht vokalisiert. Aus diesem Grund wurde die Zeit der Elimination berechnet und diese von der Gesamtzeit des Open Field Tests (10 min) abgezogen. Mit dieser berechneten Zeit wurde daraufhin die Lautanzahl pro Sekunde berechnet. Die Berechnungen zeigten, dass $2,07 \pm 0,12$ Laute/Sek abgegeben wurden, wenn weder uriniert noch gekotet wurde. Die Lautanzahl/Sek lag bei $1,57 \pm 0,12$, wenn Urin und Kot abgesetzt wurde.

Eine Defäkation war vor dem Test grundsätzlich möglich, da mehrere Ferkel eines Wurfes in einer Ferkelbox verbracht wurden und dort bis zum Open Field Test verblieben. HEBERER (2006) konnte auf Grund ihres Versuchsaufbaus das Ausscheidungsverhalten genauer beobachten. Während einer 4-stündigen Isolation zwischen zwei Open Field Tests stellte die Autorin eine vermehrte Defäkation in dieser Zeit fest und konnte somit eine Abnahme des Urin- und Kotabsatzes während des Open Field Tests bei den Ferkeln ermitteln.

Das Ausscheidungsverhalten wird als Indikator für Stresssituationen angesehen (FRASER, 1974; HEBERER, 2006). Ein wiederholtes Aussetzen der Ferkel in eine

Stresssituation kann durch Gewöhnung an diese Prozedur zu einer Abnahme der Kot- und Urinausscheidung führen (KANITZ et al., 2004).

5.3.4 Fluchtverhalten

Das ebenfalls untersuchte Fluchtverhalten geht, wie es auch von BORELL und LADEWIG (1992), SCHRADER (1996), BÜNGER et al. (2000), HILLMANN et al. (2003) und HEBERER (2006) bestätigten, mit einer erhöhten Erregung des Tieres einher. Einige Autoren überprüften die gesteigerte Erregbarkeit anhand von Hormonkonzentrationen (von BORELL und LADEWIG, 1992; SCHRADER, 1996). Nach von BORELL und LADEWIG (1992) stand eine vermehrte Ausschüttung des Hormons Kortisol mit einer Aktivitätssteigerung im Zusammenhang. Dies belegten die Autoren anhand der erhöhten lokomotorischen Aktivität und der Fluchtversuche, die Ferkel während eines Open Field Tests zeigten.

Es kann vermutet werden, dass Tiere, die eine erhöhte Ausbruchabsicht zeigten, erregbarer waren als jene, die keine Fluchtversuche unternahmen.

Dies bestätigt die berechnete Korrelation ($r = 0,39$) zwischen der Gesamtlautanzahl/10 min und der Zahl der Ausbruchversuche, die besagt, dass bei vermehrter Vokalisation auch ein gesteigertes Fluchtverhalten zu verzeichnen war. Beide Parameter können als Indiz für die individuelle Erregung eines Tieres herangezogen werden.

Auch SCHRADER (1996) ermittelte eine positive Korrelation zwischen der Lautanzahl und den Ausbruchversuchen.

5.4 Diskussion der Parameter Lokomotion und Fluchtverhalten

HEBERER (2006) betrachtete das Fluchtverhalten als Reaktion auf eine unbekannte, für das Tier stressauslösende Situation. Die Autorin fand vermehrte Fluchtversuche während des zweiten Open Field Tests bei Tieren, die zwischen beiden Tests mit unbekanntem Artgenossen 4 Stunden isoliert wurden.

5.4.1 Genotyp- und Geschlechtsunterschiede

Lokomotion

In der Arbeit von BUCHENAUER und MAYER (1988) fanden sich geringe, aber signifikante Unterschiede hinsichtlich der lokomotorischen Aktivität während eines Open Field Tests zwischen 19 Tage alten Ferkel der Deutsche Landrasse und den Tieren einer Rassekreuzung aus Deutschen Landrasse und Duroc. Die Tiere der Rassekreuzung zeigten eine höhere lokomotorische Aktivität als ihre reinrassigen Artgenossen.

In den vorliegenden Untersuchungen gab es zwischen den Genotypen keine signifikanten Differenzen bezüglich der Wegstrecke im 10-minütigen Open Field Test. Ebenso bestand kein Unterschied zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der zurückgelegten Wegstrecke. Auch BUCHENAUER und MAYER (1988) fanden nur geringe Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Es ist zu vermuten, dass Saugferkel eine höhere Lokomotions- und Explorationsaktivität zeigen, wenn diese in alternativen Haltungssystemen oder in Gruppenabferkelsystemen aufwachsen (im Vergleich zu einstreulosen Abferkelbuchten). Als einen wichtigen Punkt ist in diesen Systemen das relativ größere Platzangebot zu nennen, was jedem Ferkel zur Verfügung steht und somit einen Anreiz zum Laufen und Erkunden darstellt (BÜNGER et al., 2000; HILLMANN et al., 2003).

Aus der vorliegenden Literatur ließen sich keine Ergebnisse hinsichtlich von Rasse- und/oder Geschlechtsunterschieden in Bezug auf die Lokomotion finden (FRASER, 1974, 1975a; BÜNGER et al., 2000; HILLMANN et al. 2003; HEBERER, 2006).

Fluchtverhalten

In den eigenen Untersuchungen konnten nur wenige Rasseunterschiede zum Fluchtverhalten festgestellt werden. Die Ferkel der Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Pietrain zeigten die geringste Anzahl an Ausbruchversuchen ($5,36 \pm 0,58$ pro 10 Minuten) und waren zu den Tieren der Rasse Duroc, die die höchste Anzahl an Fluchtversuchen hatten, sowie zu den Kreuzungstieren DE x Pi diesbezüglich signifikant verschieden. Außerdem konnten Unterschiede zwischen den reinrassigen Pietrainferkeln ($6,72 \pm 0,63$ Ausbruchversuchen/10 min) und den

Tieren der Rasse Duroc sowie zu den Ferkeln der Rassekreuzung DE x Pi ermittelt werden.

Ein Einfluss des Geschlechts hinsichtlich der Anzahl Ausbruchversuche lag in den eigenen Untersuchungen nicht vor.

Ein Vergleich mit der Literatur konnte diesbezüglich nicht angestellt werden, da keine Daten zum möglichen Einfluss des Genotyps bzw. des Geschlechts auf das Fluchtverhalten vorliegen.

5.4.2 Eliminationsverhalten

Häufiger Kot- und Urinabsatz kann ein Anzeichen für eine gesteigerte Erregung sein (SCHLICHTING und SMIDT, 1989; HEBERER, 2006; FORKMAN et al., 2007; HOY, 2009).

Die Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke pro Zeiteinheit (Sek) belegte, dass Ferkel, die Harn- und Kot während des Open Field Tests abgaben, die längste Wegstrecke/Sek ($0,20 \pm 0,009$ m/Sek) zurücklegten. Das könnte mit einer gesteigerten Erregung zusammenhängen. Die geringste Wegstrecke legten die Ferkel zurück, die nur urinieren ($0,15 \pm 0,010$ m/Sek). Dies kann physiologisch damit erklärt werden, dass die Tiere beim Urinieren stehen bleiben. Auch die Art und Weise der Defäkation spiegelt einen Erregungszustand wider. SCHLICHTING und SMIDT (1989) erklärten, dass das Ausscheidungsverhalten während einer Stresssituation dem Zufall unterliegt. Dies zeigte auch die Auswertung des Videomaterials, in welchem deutlich zu sehen war, dass die Tiere in kleinen Mengen Kot absetzten und somit nicht das natürliche Ausscheidungsverhalten zeigten.

5.5 Tageszeitlicher Einfluss auf die Lautanzahl und die Lokomotion

Nach HEPTNER et al. (1966), BRIEDERMANN (1971), SCHRENK und MARX (1982a, 1982b), INGRAM und DAUCEY (1985), MARX et al. (1988), LEXER et al. (2001) und ELKMANN (2007) folgt die Aktivität von Wild- und Hausschweinen einem circadianen Verlauf, wobei sich im Tagesverlauf zwei Aktivitätspeaks manifestieren - einer in den Vormittags- und ein zweiter in den Nachmittagsstunden.

Die Open Field Tests fanden im vorliegenden Fall in der Zeit zwischen 7:30 und 17:00 Uhr statt. In der Zeit von 7:30 bis 11:00 Uhr wurden 377 Ferkel und ab 11:00 bis 17:00 Uhr wurden 251 Ferkel getestet. Bei der Betrachtung dieser beiden Zeitabschnitte hinsichtlich der Gesamtlautanzahl/10 min konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. In der Zeit von 7:30 bis 11:00 Uhr vokalisiert die Ferkel durchschnittlich $463,47 \pm 16,19$ -mal in 10 Minuten. Demgegenüber stand eine durchschnittliche Lautanzahl von $454,93 \pm 18,41$ Laute/10 min in den Nachmittagsstunden.

Hinsichtlich der zurückgelegten Wegstrecke während des Open Field Tests konnte in den eigenen Untersuchungen ein signifikanter Unterschied zwischen den Vormittagsstunden und den Mittags- und Nachmittagsstunden ermittelt werden. Die Ferkel liefen in der Zeit zwischen 7:30 und 11:00 Uhr durchschnittlich $110,26 \pm 4,24$ m, dahingegen legten die Tiere in der Zeit ab 11:00 bis 17:00 Uhr durchschnittlich $97,01 \pm 4,65$ m zurück.

Dies deckt sich nicht mit den Aussagen von SCHRENK und MARX (1982a). In dieser Arbeit wurde eine gesteigerte Aktivität der Saugferkel in der Zeit zwischen 6:00 – 8:00 Uhr (Beginn der Bewirtschaftung) und 12:00 bis 18:00 Uhr, mit einem Maximum zwischen 14:00 und 16:00 Uhr beobachtet wurde.

5.6 Diskussion des Wurfefektes

In der vorliegenden Arbeit konnten von 15 Sauen mehrere konsekutive Würfe im Open Field hinsichtlich der Gesamtlautanzahl/10 min und der Anzahl der Fluchtversuche untersucht werden. Lediglich von 2 Sauen konnten jeweils 2 Würfe hinsichtlich der Lokomotion ausgewertet werden.

Bei 5 Sauen konnte von Wurf zu Wurf eine Abnahme und bei 7 Sauen zwischen den Würfen eine Zunahme der Vokalisationshäufigkeit/10 min ermittelt werden. Dies konnte nicht in jedem Fall statistisch gesichert werden. Zwischen den Würfen von 3 Sauen konnte weder eine Abnahme noch eine Zunahme der Vokalisationshäufigkeit ermittelt werden.

In Bezug auf die Gesamtlautanzahl/10 min betrug die Varianz 37,1 % der Gesamtvarianz. Somit ist ein Einfluss des Wurfes gegeben. Zu diesem Ergebnis kamen auch BUCHENAUER und MAYER (1988) und HORN et al. (1999), die einen

Einfluss der Mutter, des Vaters und der Genotyp auf die Vokalisationshäufigkeit fanden.

Das ebenfalls an Ferkeln mehrerer Würfe einer Sau ermittelte Fluchtverhalten ergab bei 2 Sauen signifikante Unterschiede. Zwischen den 2 untersuchten Würfen der Sau 608 (reinerbige DE-Sau; angepaart mit Pietraineber) konnte eine Abnahme der Anzahl der Fluchtversuche ermittelt werden. Bei der Sau 624 (reinerbige DL-Sau; angepaart mit Pietraineber) zeichnete sich eine Zunahme der Anzahl der Fluchtversuche zwischen dem 1. Untersuchungswurf zum 2. bzw. 3. Untersuchungswurf ab. Die Varianz an der Gesamtvarianz betrug bezüglich des Ausbruchverhaltens 20,3 %.

Bezüglich der Lokomotion (ausgewertet: 2 Sauen mit je 2 Würfen) bestand nur zwischen den Würfen der Sau 633 (reinerbige Pietrainsau; angepaart mit Pietraineber) ein signifikanter Unterschied. Der Anteil der Varianz betrug 21,8 % der Gesamtvarianz in diesem Merkmal.

JENSEN et al. (1995) fanden einen Einfluss der Sau auf die lokomotorische Aktivität 3 Wochen alter Saugferkel in einem Open Field Test. Die Autoren machten auch das individuelle Verhalten der Muttersau als Einflussfaktor auf die Open Field Aktivität verantwortlich. Eine ängstliche oder leicht erregbare Sau kann dieses Verhalten auf ihre Nachkommen während der Säugezeit projizieren und diese ebenfalls leicht erregbar machen, obwohl das Verhalten genetisch nicht manifestiert wäre. Eine ähnliche Aussage traf TEMBROCK (1982), der die Eltern-Nachkommen-Kommunikation (Lerneffekt) als wichtigen Einflussfaktor für die Ausprägung der individuellen Lautgebung angibt.

Individuelles Verhalten in unbekanntem Situationen hängt zum einen von der genetischen Herkunft, aber vorrangig von Erfahrungen (BÜNGER et al., 2000; HILLMANN et al., 2003), dem Umgang mit den Tieren und von dem erlernten Verhalten, von den „Vorbildern“ Mutter und eventuell Geschwistern (in Familienverbänden, z. B. in ökologischer Haltung) ab.

Der Einfluss des Wurfes auf die einzelnen Lautparameter wurde bei den vorliegenden Untersuchungen ebenfalls ermittelt. Möglich war das nur im Lauttyp des Grunzers, weil in diesem Fall eine ausreichende Datenmenge zur Verfügung stand. Es konnten die Lautparameter von Voll- und Halbgeschwistern von 11 Sauen

ausgewertet werden. Die Ergebnisse ergaben einen Einfluss des Wurfes auf den Lautparameter Lautlänge (Varianzanteil: 16,13 %), Q75-Q25 (Varianzanteil: 10,24 %) und bei den Entropiewerten (Varianzanteil: 14,25 %). Der Varianzanteil im Lautparameter Peakfrequenz war mit 3,42 % gering um einen deutlichen Einfluss des Wurfes zu bestätigen. Zwischen mehreren Würfen einer Sau konnten signifikante Unterschiede bei den Lautparametern ermittelt werden. So unterschieden sich der 2. und der 3. untersuchte Wurf der Sau 633 (reinerbig Pietrain, angepaart mit Pietraineber) in allen Lautparametern signifikant voneinander.

Im Fall der Lautparameter von Grunzlauten sollten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ferkeln mehrerer konsekutiver Würfe einer Sau auftreten. Nicht signifikante Unterschiede zwischen diesen Ferkeln würde eine ähnliche Lautgebung der Voll- und Halbgeschwister bedeuten. Wäre dies der Fall, so könnten Ferkel einer bestimmten Herkunft zugeordnet werden. Eine Phänotypisierung der Ferkel wäre somit möglich.

In den vorliegenden Untersuchungen traf dies nur bei den zwei aufeinanderfolgenden Würfen der Sau 503 auf und kann somit nicht verallgemeinert werden.

5.7 Diskussion der Körpermaße

Die Körpermaße als möglicher Einflussfaktor auf die individuelle Lautgebung wurden in der vorliegenden Arbeit geprüft. Die Messung der Körpermaße erfolgte im Anschluss an den Open Field Test. Die Körperlänge wurde von der Schwanzwurzel bis zur Rüsselscheibe, der Brustumfang hinter dem Ellenbogengelenk gemessen. Zuerst soll auf die Einflüsse des Genotyps und des Geschlechts auf die Körpermaße eingegangen werden und im Folgenden sollte geprüft werden, wie sich verschiedene Körperlängen bzw. Brustumfänge auf die Lautparameter auswirkten.

5.7.1 Genotyp- und Geschlechtsunterschiede

Signifikante Unterschiede bestanden bei der Körperlänge zwischen den reinerbigen Ferkeln der Rasse Deutsches Edelschwein und den weiteren vier untersuchten Rassen(-kreuzungen). Die DE-Ferkel waren zum Zeitpunkt des Open Field Tests im Alter von 9 Tagen diejenigen mit der längsten Körperlänge und dem größten Brustumfang. Die Kreuzungsferkel der Rassen Deutsche Landrasse x Pietrain

besaßen mit $40,54 \pm 0,23$ cm die zweitlängste Körperlänge. Die Pietrainferkel hatten, neben den reinrassigen Durocferkeln und den DE x Pi-Kreuzungstieren die geringste Körperlänge mit $39,26 \pm 0,24$ cm. Auch der Brustumfang der Pietrainferkel war im Vergleich der Genotypen am geringsten ($32,64 \pm 0,22$ cm). Zwischen Körperlänge und Brustumfang bestand erwartungsgemäß ein enger Zusammenhang.

Die unterschiedlichen Körpermaße der Saugferkel der verschiedenen Genotypen im Alter von 9 Tagen können zum einen durch exogene, zum anderen durch genetische Einflüsse entstehen.

Zu den exogenen Einflüssen zählen die Wurfgröße und die Milchleistung der Mutter. Ferkel aus kleineren Würfen haben zumeist höhere Geburtsgewichte im Vergleich zu Ferkeln größerer Würfe. Auch die Milchleistung der Mutter spielt für das Wachstum in der Säugeperiode eine ausschlaggebende Rolle. Beide Einflussfaktoren können größere Körpermaße der Ferkel bewirken, ohne dass die genetische Komponente mitwirkt. Da die Wurfgröße und die Milchleistung der Sau nicht bei der statistischen Auswertung berücksichtigt wurden, ist nicht auszuschließen, dass die Differenzen in den Körpermaßen dadurch hervorgerufen worden sein können.

Genetische Einflüsse auf die Körpermaße der Saugferkel sind möglich. Die Selektion der reinerbigen Deutschen Edelschweine erfolgte während ihrer jahrzehntelangen Züchtung u. a. auf innere Länge, die des reinerbigen Pietrains hingegen auf Muskelfleisch. Deshalb haben die reinerbigen Deutschen Edelschweine erwartungsgemäß größere Körpermaße und die reinerbigen Pietrainferkel die geringste. Bislang wurden keine Messungen dazu bei Saugferkeln durchgeführt. Bezüglich der Rasse Pietrain ist bekannt, dass Tiere verschiedener Zuchtregionen sich beträchtlich in den Körpermaßen unterscheiden können (gemessen an Ebern in drei Besamungstationen) (ROHRMANN und HOY, 2004)

Bei der Berechnung der Körpermaße konnten keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Die männlichen Ferkel waren durchschnittlich $40,16 \pm 0,24$ cm lang und hatten einen Brustumfang von $34,38 \pm 0,22$ cm, die weiblichen Artgenossen besaßen eine Körperlänge von $40,07 \pm 0,24$ cm und einen Brustumfang von $34,21 \pm 0,23$ cm.

Geschlechtsspezifische Unterschiede in Hinblick auf die Körpermaße können bei Ferkeln im Alter von 9 Tagen nicht erwartet werden. Diese werden erst im Erwachsenenalter durch den Einfluss der Sexualhormone sichtbar.

5.7.2 Zusammenhang zwischen den Körpermaßen und den Lautparametern

Die Messung der Körperlänge- und des Brustumfanges wurde durchgeführt, um einen möglichen Zusammenhang zu den Lautparametern der einzelnen Laute herzustellen.

In der Literatur waren keine Daten zum Einfluss der Körpermaße auf spezielle Lautparameter zu finden. In den eigenen Untersuchungen wurden Korrelationen zwischen den Lautparametern und den Körpermaßen ermittelt. Diese sind sehr niedrig und kaum biologisch zu erklären. Es lag eine positive Korrelation ($r = 0,12$; $p < 0,0001$) zwischen Brustumfang und Lautlänge vor. Ausgehend davon kann bei größer werdendem Brustumfang auch die Lautlänge zunehmen, da ein größeres Lungenvolumen zu vermuten ist.

Die Frequenzen hängen mit der Schwingung der Stimmlippen zusammen. Nach FITCH und HAUSER (1995) sowie TEMBROCK (1996) ist die Tonhöhe von der Länge der Stimmlippen abhängig, die wiederum mit der Körpergröße im Zusammenhang steht. Nach DÜPJAN (2008) bedingen längere Stimmlippen tiefere Frequenzen.

KÜNZEL (1989) und McCOMB (1991) bestätigten dies nicht. Die eigenen Ergebnisse widersprechen sich ebenfalls in diesem Punkt. Wenn die Ton- bzw. Frequenzhöhe indirekt von der Körpergröße (Körperlänge) abhängig ist, wie es FITCH und HAUSER (1995) und TEMBROCK (1996) beschreiben, so müssten positive Korrelationen zwischen der Peakfrequenz und der Körperlänge vorhanden sein. In den eigenen Ergebnissen liegen nur sehr niedrige Korrelationskoeffizienten vor, die eine plausible biologische Erklärung erschweren. Es ist zu vermuten, dass im frühem Alter von 9 Tagen die Körpermaße nicht entscheidend die Qualität der Vokalisation beeinflussen. Bei adulten Tieren ist diesbezüglich sicher eine stärkere Beziehung zu erwarten.

Bezüglich der Q75-Q25 und Entropiewerten konnte kein biologischer Zusammenhang zu den Körpermaßen gefunden werden. Die Entropie bezieht sich auf die erzeugte Schallenergie, die sich auf wenige Frequenzen bzw. breitbandige Signale konzentriert und somit die entsprechenden kleinen bzw. hohen Werte zeigt.

5.8 Betrachtung der Lautparameter bei den Genotypen und den Geschlechtern

Im folgenden Abschnitt soll auf die einzelnen Lautparameter (Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75%- und 25 %- Frequenzquartil, Entropie) eingegangen und geprüft werden, ob anhand dieser eine Phänotypisierung der verschiedenen Genotypen oder Geschlechter möglich ist.

5.8.1 Lautparameter bei den Genotypen

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Literatur konnte der Einfluss des Genotyps auf die verschiedenen Lautparameter (der einzelnen Lauttypen) nur schwer beurteilt werden. Die Schwierigkeit bestand darin, dass in der Literatur keine Vergleiche zwischen verschiedenen Genotypen vorlagen. Oftmals wurde nur eine Rasse oder Rassekreuzung in die Untersuchungen einbezogen. Probleme bereiteten auch die verschiedenen Analysemethoden, die eine Vergleichbarkeit der Lautparameter erschwerten.

In den eigenen Untersuchungen wurden die Lautparameter innerhalb eines Lauttyps bei den Genotypen ermittelt. Damit konnten mögliche Unterschiede in der Vokalisation zwischen den Genotypen aufgezeigt werden.

Regelmäßigkeiten hinsichtlich signifikanter Unterschiede in den Lautparametern zwischen den Genotypen konnte dabei allerdings nicht ermittelt werden. Bei den einzelnen Lauttypen wurden Unterschiede zwischen den Genotypen festgestellt. Im Lauttyp des Grunzers zeigten z. B. die Tiere der Rasse Deutsches Edelschwein und der Rassekreuzung DL x Pi signifikante Unterschiede im Vergleich zu allen weiteren untersuchten Genotypen im Parameter der Lautlänge. In den Parametern Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil und der Entropie konnten ähnlich gerichtete Differenzen ermittelt werden, wobei nicht zwischen allen Genotypen

signifikante Unterschiede auftraten. Die Werte der Tiere der Rasse Deutsches Edelschwein waren in beiden Parametern (Q75 – Q25, Entropie) von den Tieren der Rassekreuzung DE x Pi und den Pietrainferkeln signifikant verschieden. Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, dass sich die Ferkel des Deutschen Edelschweins in ihrer Vokalisation speziell im Lauttyp des Grunzers, von den übrigen Genotypen unterscheiden. Hinsichtlich der Peakfrequenz lagen im genannten Lauttyp keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen vor.

Im Lauttyp des Quiekers gab es kaum Unterschiede zwischen der Rasse Deutsches Edelschwein und den übrigen Genotypen. Nur im Parameter Q75-Q25 bestand zwischen dieser Rasse und den übrigen Genotypen ein signifikanter Unterschied. In den weiteren untersuchten Lautparametern lagen signifikante Unterschiede zwischen der Rasse Deutsches Edelschwein und den Tieren der Rassekreuzung DE x Pi (in den Lautparametern Lautlänge und Peakfrequenz) bzw. zwischen den reinrassigen Durocferkeln (im Parameter Peakfrequenz) sowie den Tieren der Rassekreuzung DL x Pi im Parameter Entropie vor.

In den Lautparametern innerhalb des Lauttyps des Quiekers waren die Unterschiede nicht so ausgeprägt wie im Grunzlaut.

Im Lauttyp des Schreis bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Tieren der Rasse Deutsches Edelschwein, jedoch waren diese geringer als im Quieklaut. Im Lautparameter Entropie unterschieden sich die Tiere des Deutschen Edelschweins und der Rasse Duroc signifikant. Die Entropiewerte waren bei den Ferkeln des Genotyps Deutsches Edelschwein von denen der Pietrainferkel verschieden. In der Lautlänge hoben sie sich nur von den Tieren der Rassekreuzung DE x Pi ab.

Es lagen auch zwischen anderen Genotypen signifikante Unterschiede in den Lautparametern vor, die jedoch nicht so ausgeprägt waren wie beim Vergleich der Rasse Deutsches Edelschwein mit den anderen Genotypen.

Wie auch in den eigenen Untersuchungen hatten zuvor bereits PUPPE et al. (2005), SCHÖN et al. (2006) und DÜPJAN (2008) Schweinelaute mit dem Analyseprogramm Avisoft SASLab Pro® analysiert. Dies lässt einen Vergleich mit den ermittelten Werten zu.

In den zwei erstgenannten Arbeiten handelte es sich um Schmerzvokalisation, in der dritten um die Lautgebung in einer Isolationssituation bei heranwachsenden

weiblichen Schweinen der Rasse Deutsche Landrasse. Die unterschiedlichen Vokalisationstypen (Schmerzvokalisation, Isolationsvokalisation) erklären das Ergebnis, dass die Lautlänge der Schmerzschreie aus den Arbeiten von PUPPE et al. (2005) und SCHÖN et al. (2006) höhere Werte annahmen (zwischen $0,93 \pm 0,07$ und $1,10 \pm 0,07$ Sek.) als in den eigenen Untersuchungen ($0,56 \pm 0,010$ Sek.). Unter besonders großem Stress, was die Kastration männlicher Ferkel bedeutet, werden die Laute länger. In einer solchen Situation sollten auch die Werte der Peakfrequenz größer sein als in den eigenen Untersuchungen, da zu vermuten ist, dass die Kastration eine größere Stresssituation bedeutet als eine Isolationssituation. Dies ist nicht der Fall. Die vorliegenden Ergebnisse zeigten im Lauttyp des Schreis bei den Ferkeln der Rassekreuzung DL x Pi eine durchschnittliche Peakfrequenz von $3.454,06 \pm 91,16$ Hz. Diese liegt höher als in der Arbeit von SCHÖN et al. (2006). Die Reinheit des Lautes, gemessen am Abstand zwischen des 75 %- und 25 %-Frequenzquartils, nimmt ebenfalls höhere Werte an als in der genannten Literatur. Daraus ist ersichtlich, dass auch die Isolationssituation Stress für die Ferkel bedeutet.

Die Ergebnisse zu den kurzen Grunzlauten in der Arbeit von DÜPJAN (2008) zeigten kaum Ähnlichkeiten zu den einzelnen Lautparametern in der eigenen Untersuchung. Die Autorin untersuchte 10 Wochen alte weibliche reinrassige Deutsche Landrassetiere in einer Isolationssituation. Die ermittelten Lautparameter im Lauttyp des Grunzers in der eigenen Untersuchung sind nur in den Parametern Lautlänge und der Peakfrequenz den Lauten der genannten Literatur ähnlich. Die Lautlänge dieser Lautgruppe betrug in der Arbeit von DÜPJAN (2008) ca. 0,2 Sek. und die Peakfrequenz lag bei 500 Hz. In den eigenen Untersuchungen gaben die Ferkel der Rassekreuzung DL x Pi Laute mit einer durchschnittlichen Lautlänge von $0,294 \pm 0,002$ Sek. und mit einer Peakfrequenz von durchschnittlich $357,22 \pm 20,91$ Hz ab. Die weiteren Parameter (Q75-Q25, Entropie) lagen nicht im Bereich der Literaturwerte.

Das Alter der Tiere muss bei bioakustischen Analysen stets beachtet werden. Die körperliche Entwicklung ist für die Charakterisierung der Laute maßgeblich. Nach WEARY und FRASER (1995a) ist auch die Bedürftigkeit des Tieres ausschlaggebend für die Lautgebung. Die Autoren beschreiben dies an „honest signalling“, was besagt, dass Tiere in größerer Not (Bedürftigkeit) mehr und lauter

vokalisieren, um den Kontakt zur Mutter bzw. Gruppe schnellstmöglich wieder herstellen zu können.

WEARY et al. (1999) untersuchten 1, 2, 3, bzw. 4 Wochen alte Landrasse x Yorkshire Ferkel in einer Isolationssituation und ermittelten die Lautparameter Lautlänge und Peakfrequenz, die zur Einteilung der Laute in nieder-, mittel- und hochfrequente Laute diente. Die Autoren stellten fest, dass ältere Ferkel längere Laute abgaben als ihre jüngeren Artgenossen und auch weniger im hochfrequenten Bereich (Peakfrequenz > 500 Hz) vokalisiert. Die Autoren vermuteten, dass es für die älteren Tiere weniger Stress war, kurzzeitig von der Mutter und den Geschwisterferkeln getrennt zu sein. Das bedeutet eine größere Unabhängigkeit der Tiere gegenüber der Mutter und Geschwistern.

5.8.2 Lautparameter bei den Geschlechtern

Eine weitere Fragestellung der vorliegenden Dissertation, war es, eventuelle Unterschiede in der Lautqualität zwischen männlichen und weiblichen Ferkel zu ermitteln. Das Geschlecht zeigte bei einzelnen Lauttypen signifikante Unterschiede in den Lautparametern und somit in der Qualität der Laute.

Besonders im Lauttyp des Schreis unterschieden sich die männlichen von den weiblichen Ferkeln in den Lautparametern Lautlänge, Peakfrequenz und Entropie signifikant.

Die Lautlänge der Grunzlaute männlicher und weiblicher Ferkel unterschied sich ebenfalls signifikant. Im Lauttyp des Quiekers waren Geschlechtsunterschiede im Lautparameter Peakfrequenz zu verzeichnen. Aus biologischer Sicht sind diese Unterschiede als gering einzustufen.

In der vorliegenden Literatur wurde nicht auf Unterschiede in der Lautqualität zwischen den Geschlechtern eingegangen. Oftmals wurde nur ein Geschlecht betrachtet (MARX et al., 2003; PUPPE et al., 2005; SCHÖN et al., 2006; DÜPJAN, 2008).

Beim Vergleich der Lautparameter im Grunzlaut der weiblichen Saugferkel mit den Ergebnissen 10 Wochen alter weiblicher Schweine aus der Arbeit von DÜPJAN (2008) ergaben sich Übereinstimmungen in den Parametern Lautlänge und Peakfrequenz. Diese Ergebnisse stammten aus Open Field Tests (DÜPJAN, 2008).

PUPPE et al. (2005) ermittelten ebenfalls Lautparameter niederfrequenter Laute (Peakfrequenz < 1000 Hz), wozu die Grunzer und Grunzquieker zählten. Diese Laute wurden vor, während und nach der Kastration männlicher Saugferkel aufgenommen. Auch unter diesem Umstand (Kastration), der für die Ferkel ein großer Stressor ist, wie auch der Open Field Test, lagen die ermittelten Ergebnisse der Peakfrequenz und der Lautlänge im vergleichbaren Bereich. Die eigenen Ergebnisse der Peakfrequenz und der Werte, die die Reinheit des Lautes charakterisieren (Q75 – Q25), lagen bei den Quieklauten und Schreien im Bereich der von PUPPE et al. (2005) und SCHÖN et al. (2006) aufgeführten Wertebereich für die hochfrequenten Laute (Peakfrequenz > 1000 Hz; Quieker und Schreie) der Arbeit.

Weitere Übereinstimmungen in den Lautparametern konnten nicht festgestellt werden.

Die Geschlechtsunterschiede in der Lautqualität werden sich vermutlich erst im Laufe der Individualentwicklung herausbilden. Dies wird zum einem mit dem individuellen (körperlichen) Wachstum der männlichen und weiblichen Tiere und mit der sexuellen Entwicklung (Stimmbruch) einhergehen. Durch die Produktion von Testosteron wird die Stimmlage in tiefere Frequenzbereiche abfallen und somit wahrscheinlich zu Geschlechtsunterschieden in der Lautgebung führen (HICK und HICK, 2009).

5.9 Fazit

Der Genotyp hatte signifikante Einflüsse auf die Gesamtlautanzahl, das Fluchtverhalten, den Körpermaßen und auf die Lautparameter, nicht jedoch auf die Lokomotion.

Geschlechtsunterschiede waren in keinem untersuchten Merkmal eindeutig nachzuweisen.

Die Tageszeit hatte nur einen Einfluss auf das Lokomotionsverhalten.

Die konsekutiven Würfe einer Sau zeigten teilweise signifikante Unterschiede, die aufgrund der Anzahl der Würfe biologisch nicht aussagekräftig sind.

Die Lauttypen unterschieden sich in den Lautparametern signifikant. Zum anderen konnten gute bis sehr gute Ergebnisse bei der automatischen Klassifizierung der Lauttypen aufgezeigt werden.

Letztlich kann gesagt werden, dass eine Phänotypisierung der Ferkel anhand von Laut- und Verhaltensparameter erfolgen kann. Die dargestellten Methoden zur Vokalisations- und Verhaltensanalyse könnten in näherer Zukunft unter praktischen Bedingungen eingesetzt werden und somit eine Anwendung auf dem Gebiet der Züchtung finden. Eine zielgerichtete Definition von Lauttypen mit den dazugehörigen Verhaltensparametern wäre wünschenswert und für zukünftige wissenschaftliche Arbeiten anstrebenswert. Damit wäre ein weiteres nicht-invasives Kriterium für die tierschutzrelevante Einschätzung zum Wohlbefinden und zur Haltungsumwelt gegeben.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof des Institutes für Tierzucht und HaustierGenotyp der Justus-Liebig-Universität Gießen wurden in einem schallgedämmten Open Field 628 Saugferkel im Alter von 9 Tagen jeweils für 10 Minuten unter dem Aspekt der Vokalisation und Lokomotion untersucht. Die Saugferkel entstammten den Rassen Deutsches Edelschwein, Pietrain und Duroc sowie den Rassekreuzungen Deutsches Edelschwein x Pietrain und Deutsche Landrasse x Pietrain.

Die Lautäußerungen der Saugferkel wurden mit dem Lautanalyseprogramm Avisoft SASLab Pro® Recorder (Avisoft Bioacoustics) in digitalisierter Form aufgenommen und mit Avisoft SASLab Pro® bezüglich verschiedener Lautparameter (Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil, Entropie) analysiert. Außerdem wurden die Anzahl der Laute im gesamten Zeitraum (10 Minuten) sowie in der 1., 5. und 10 Minute ausgewertet. Zeitgleich wurden Videos aufgenommen, die der Auswertung der Lokomotion, des Fluchtverhaltens und des Eliminationsverhaltens dienten. Die automatische Klassifizierung der Laute erfolgte mit einem speziell entwickelten Analyseprogramm basierend auf LabVIEW (National Instruments, USA), das anhand von LPC-Koeffizienten die Laute charakterisiert. Die Ferkel wurden bezüglich Körperlänge und Brustumfang zum Test vermessen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, verschiedene Einflüsse (Genotyp, Geschlecht, Wurf, Körpermaße und Tageszeit), die auf die quantitative und qualitative Lautgebung einwirken können, zu untersuchen. Geprüft wurde auch, ob eine automatische Klassifizierung von 3 Lauttypen (Grunzlaut, Quieklaut, Schrei) möglich ist und mit welcher Genauigkeit diese klassifiziert werden können. All dies hat übergreifend und langfristig das Ziel, die Ferkel anhand der ermittelten Lautparameter individuell in ihrer Lautgebung zu charakterisieren.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt.

Der Genotyp hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtlautanzahl/10 min und auf die betrachteten Zeitabschnitte (1., 5., 10. Minute des Open Field Tests). Dabei

zeigte sich, dass die Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein mit Abstand am wenigsten vokalisiert (287,29 ± 37,08 Laute/10 Minuten) und die beiden Rassekreuzungen die höchste Gesamtlautanzahl/10 Minuten aufwiesen.

Der Genotyp hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf Körperlänge und Brustumfang. Ferkel der Rasse Deutsches Edelschwein waren die größten Tiere (Körperlänge = 42,09 ± 0,53 cm; Brustumfang = 36,41 ± 0,49 cm).

Das Fluchtverhalten unterschied sich signifikant zwischen den Genotypen. Dabei zeigten die Probanden der Rassekreuzung aus Deutsche Landrasse x Pietrain die geringste Anzahl an Ausbruchversuche (5,36 ± 0,58-mal) und die Tiere der Rasse Duroc den höchsten Wert (10,38 ± 1,33-mal).

Die Lautparameter Lautlänge, Peakfrequenz, Abstand zwischen dem 75 %- und 25 %-Frequenzquartil und Entropie bei den 3 verschiedenen Lauttypen (Grunzlaut, Quieklaut und Schrei) wurden durch den Genotyp beeinflusst. Die genetische Herkunft hatte keine Auswirkung auf die Lokomotion.

Das Geschlecht hatte auf die Gesamtlautanzahl bzw. auf die Zahl der Laute in den ausgewählten Zeiträumen (1., 5. und 10. Minute), die Lokomotion und das Fluchtverhalten während des Open Field Tests, auf die Körpermaße sowie auf die Lautparameter bei den Lauttypen keinen signifikanten Einfluss.

Von maximal 15 Sauen konnten die Ferkel mehrerer aufeinanderfolgenden Würfe hinsichtlich Lautanzahl, Lokomotion, Fluchtverhalten und den Lautparametern analysiert werden. Es traten zwar signifikante Einflüsse auf alle Parameter auf, eine biologische Gesetzmäßigkeit lies sich daran allerdings nicht ableiten, da sich bei einigen Sauen mit zunehmenden Alter die Zeitparameter bei ihren Nachkommen positiv, bei anderen Sauen negativ und in einer dritten Kategorie ungerichtet änderten.

Die Tageszeit, geteilt in Vormittag (7:00 bis 11:00 Uhr) und Mittag- sowie Nachmittag (ab 11:00 bis 17:00) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Lokomotion der Ferkel. In den Vormittagsstunden wurde eine Wegstrecke von 110,26 ± 4,24 m und in den Mittags- und Nachmittagsstunden eine von 97,01 ± 4,65 m zurückgelegt. Die Vokalisationshäufigkeit blieb von der Tageszeit unberührt.

Der Kot- und Harnabsatz wurde für die Berechnung der Vokalisationshäufigkeit und der Lokomotion pro Zeiteinheit (Sekunde) im statistischen Modell als fixer Effekt behandelt. Die Zeit, die für Kot- und Harnabsatz benötigt wurde, wurde von der Gesamtzeit des Open Field Tests abgezogen. Mit dieser ermittelten Zeit wurde die Lautanzahl und Lokomotion pro Sekunde berechnet. Das Eliminationsverhalten zeigte einen signifikanten Einfluss auf die Lautanzahl und Lokomotion pro Sekunde.

Einen Einfluss der Körpermaße (Körperlänge und Brustumfang) auf die Lautparameter konnte nicht nachgewiesen werden. Es ergab sich zwar eine positive Korrelation zwischen Brustumfang und Lautlänge, die anderen Lautparameter wiesen nur sehr geringe Korrelationen mit den Körpermaßen auf.

Die von Störgeräuschen freien Laute wurden durch die Diskriminanzanalyse zu einer der 3 Lauttypen (Grunzer, Quieker, Schreie) zugeteilt. Die Fehlklassifizierung lag innerhalb der Grunzlaute bei $\leq 0,15$ %. Bei den Schreien lag diese um 20 %, nur die Quieklaute konnten der jeweiligen Gruppe schwer zugeordnet werden. Eine Fehlklassifizierung von 30 bis 50 % musste hingenommen werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit der vorgelegten Arbeit unter standardisierten Bedingungen signifikante Unterschiede in der Vokalisation von Ferkeln verschiedener Genotypen nachgewiesen werden konnten. Zwischen den Geschlechtern gab es keine gravierenden Differenzen. Zwischen den Ferkeln aufeinanderfolgender Würfe bestanden deutliche und teilweise gesicherte Unterschiede in der Vokalisation, ohne allerdings eine Wiederholbarkeit in verschiedenen Lautparametern bei Ferkeln konsekutiver Würfe derselben Sau feststellen zu können.

Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse scheint es möglich, eine Kategorisierung von Ferkeln im Sinne einer Phänotypisierung vornehmen zu können.

7 SUMMARY

The investigation took place on the research and breeding station “Oberer Hardthof” of the department of animal breeding and genetics of the Justus-Liebig-University Giessen. A total number of 628 suckling piglets aged 9 days were used for an open field test. The test took 10 minutes and was carried out under the aspect of investigating the vocalization and locomotion of these piglets. The breeding of the piglets were German Edelschwein, Pietrain, Duroc and the crossbreeds of German Landrace x Pietrain and German Edelschwein x Pietrain.

The piglet’s vocalization was recorded by the use of an analyzing program named Avisoft SASLab Pro® (Avisoft Bioacoustics, Berlin). Later the vocalization was analyzed concerning different parameters like duration, peak frequency, range between the 75th and 25th frequency quartiles and entropy. Furthermore, the number of calls during the 10 minutes, in the 1st, 5th and 10th minute of the open field test and the piglet’s behaviour (locomotion, escape behaviour and elimination) was analyzed. Another step was the classification of the calls by using a specially created automated recording system based on LabVIEW (National Instruments, USA). This system combines Linear Prediction Coding (LPC) with an artificial neural network to differentiate the calls. After the open field test the piglets’ chest-measurement and body length were measured.

The aim of this study was the analysis of different effects (genotype, sex, litter, body size, daytime), which could affect the quantity and quality of the piglets’ vocalization. Furthermore, the automated classification of the calls was investigated, i.e. to find out whether the calls could be differentiated into 3 call types (grunt, squeal and scream) and how precise the classification would be. The study has the long-term aim to characterize piglets individually with their vocalization.

The following results were found:

The genotype had a significant influence on the number of calls during the 10 minutes as well as in the 1st, 5th and 10th minute of the open field test. The piglets of

the breed German Edelschwein vocalized least of all ($287,29 \pm 37,08$ calls/minute) and the crossbreed piglets most.

The genotype had also an influence on the body-size. The German Edelschwein-piglets had the tallest chest-measurement ($36,41 \pm 0,49$ cm) and body length ($42,09 \pm 0,53$ cm).

The escape behaviour differed between the genotype. The crossbreed piglets (German Landrace x Pietrain) showed the lowest number of escape attempts ($5,36 \pm 0,58$ -times/10 minutes) and the Duroc-piglets the highest with $10,38 \pm 1,33$ -times/10 minutes.

The call parameters duration, peak frequency, range between the 75th and 25th frequency quartiles and entropy within the call types were influenced by the genotype.

The locomotion was not influenced by the genotype.

The sex showed no significant influence of the number of calls, locomotion, and escape behaviour during the open field test and the body-size.

It was possible to analyze consecutive litters of 15 different sows regarding number of calls, locomotion, escape behaviour and the call parameters. The results show no significant differences between the consecutive litters in all parameters, but a biological characteristic could not be found. With the sows age their descendants showed an increase, a decrease or a constant course concerning the parameters.

The daytime, divided into morning (7:00 – 11:00 am) and afternoon (from 11:00 – 5 pm), had a significant influence on the piglets' locomotion. In the morning the distance the piglets walked was $110,26 \pm 4,24$ m and in the afternoon $97,01 \pm 4,65$ m. The number of calls remained unaffected by the daytime.

The elimination was used as a fixed effect in the statistical model and was supposed to calculate the calls or locomotion per unit of time (second). The time it took the piglets urinate and defecate was subtracted from the total time of 10 minutes. With this calculated time the number of calls as well as the locomotion was calculated. The elimination behaviour showed a significant influence of the number of calls and their locomotion.

An influence of body-size (chest-measurement and body length) on the call parameters could not be found. There was a positive correlation between chest-measurement and call duration, but the other parameters showed a very low correlation to the body size.

The use of the discriminant analysis supports the classification of the calls, which were free of background noise, into one of the 3 call types (grunt, squeal, scream). The misclassification amounted within the grunts $\leq 0,15$ % and within the screams approximately 20 %. The squeals could not be assigned so easily into the call type "squeal", because the misclassification was 30 to 50 %.

In summarising it can be stated that there are significant differences which could be found in the vocalization between 9 day old piglets' different genotypes. Between female and male piglets there were no huge differences. Between piglets of consecutive litters existed differences, partly significant, in the vocalization, without finding repeatability in the call parameter within consecutive litters.

On the basis of these results it seems to be possible to categorize piglets in the sense of phenotyping.

8 LITERATURVERZEICHNIS

APPELBY, M. C., WEARY, D. M., TAYLOR, A. A., ILLMANN, G. (1999): Vocal communication in pigs: Who are nursing piglets screaming at? *Ethology* 105, S. 881-892

ASCHOFF, J. (1957): Aktivitätsmuster der Tagesperiodik, *Die Naturwissenschaften* 44 (13), S. 361-367

ASCHOFF, J. (1962): Spontane lokomotorische Aktivität. In: *Handbuch der Zoologie*, Bd.8, 30. Auflage 11 (4), S. 1-74

Avisoft SASLab Pro® (2010): Avisoft SASLab Pro User's Guide, version 5.0, Sound analysis and synthesis laboratory, Avisoft Bioacoustics, Berlin

BARTL, J. (2006): Lautäußerungen der Chinchillas im Sozialverband, Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät

BASSETT, L., BUCHANAN-SMITH, H. M. (2007): Effects of predictability on the welfare of captive animals, *Appl. Anim. Beh. Sci.* 102, S. 223-245

BEILHARZ, R.G., COX, D.F. (1967): Genetic analysis of open field behavior in swine. *J. Anim. Sci.* 26, S. 988-990

BRADBURY, J. W. (1977): Lek behavior in the hammer-headed bat. *Z. Tierpsychol.* 45, S 225-255

BRIEDERMANN, L. (1971): Ermittlungen zur Aktivitätsperiodik des mitteleuropäischen Wildschweins (*Sus s. Scrofa* L.), *Zool. Garten N. F. Leipzig* 40 (1971) 6, S. 302-327

BUCHENAUER, D., LUFT, C., GRAUVOGEL, A. (1981): Investigations of the eliminative behaviour of piglets. *Appl. Anim. Ethol.* 9, S. 153-164

BUCHENAUER, D., MAYER, M. (1988): Some investigation on excitability in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21(4), S. 377-378

BÜNGER, B., HILLMANN, E., von HOLLEN, F. (2000): Einfluß der Haltung von ferkelnden und säugenden Sauen auf das Wachstum und das Verhalten von Ferkeln vor und nach dem Absetzen, *Arch. Tierz. Dummerstorf* 43, Sonderheft, S. 196-202

DÜPJAN, S. (2008): Stress-related acoustic communication in the domestic pig (*sus scrofa*). Diss. Universität Rostock, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

DYCK, G. W., SWIERSTA, E. E. (1987): Causes of piglet death from birth to weaning, *Can. J. Anim. Sci.* 76, S. 543-547

ELKMANN, A. (2007): Haltungsbiologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in eistreuloser oder eingestreuter Haltung, Diss. Gießen (2007)

FITCH, T. W., HAUSER, M. D. (1995): Vocal production in nonhuman primates: acoustics, physiology and functional constraints on "honest" advertisement, *American Journal of Primatology*, 37, S. 191-219

FORKMAN, B., BOISSY, A., MEUNIER-SALÜM, M.-C., CANALI, E., JONES, R. B. (2007): A critical review of fear tests used in cattle, pigs, sheep, poultry and horses, *Physiology and Behavior* 92 (2007), S. 340-374

FRASER, D. (1974): The vocalization and other behavior of growing pigs in an "open field" test, *Applied Animal Ethology*, 1(1), S. 3-16

FRASER, D. (1975a): Vocalizations of isolated Piglets. I. Source of variation and relationships among measures, *Applied Animal Ethology*, 2 (4), S. 387-394

FRASER, D. (1975b): Vocalizations of isolated Piglets. II. Some environmental factors, *Applied Animal Ethology*, 2 (1), S. 19-24

GATTERMANN, R. (1993): Wörterbuch der Biologie, Verhaltensbiologie. Gustav Fischer Verlag Jena

GUNDLACH, H. (1968): Brutfürsorge, Brutpflege, Verhaltensontogenese und Tagesperiodik beim europäischen Wildschwein (*Sus scrofa* L.), *Z. Tierpsychol.* 25, S. 955-995

HEBERER, M. (2006): Untersuchungen zum Verhalten von Ferkeln bei sozialer Isolation und sozialer Unterstützung, Diplomarbeit Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften, Abteilung Tierphysiologie

HESS, W. (2006): Einführung in die musikalische Akustik, Materialien der Vorlesung „Einführung in die musikalische Akustik“, Institut für Kommunikationswissenschaften der Universität Bonn, http://www.sk.uni-bonn.de/lehre/informationen-materialien/informationen-und-materialien-kopho/materialien-1/hess/musikalische-akustik/mak_1f.pdf

HEPTNER, V. G., NASIMOVIC, BANNIKOV (1966): Die Säugetiere der Sowjetunion, Band 1, Paarhufer und Unpaarhufer, Jena,

HICK, C., HICK, A. (2009): Testosteronwirkung, In: Intensivkurs Physiologie, 6. Auflage, Urban Fischer, S. 240-241

HILLMANN, E., v. HOLLEN, F., BÜNGER, B., TODT, D., SCHRADER, L. (2003): Farrowing conditions affects the reactions of piglets towards novel environment and social confrontation at weaning, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81 (2003), S. 99-109

HILLMANN, E., MAYER, C., SCHÖN, P. C., PUPPE, B., SCHRADER, L. (2004): Vocalisation of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) as an indicator for their adaptation towards ambient temperature, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 89 (2004), S. 195-206

HORN, T., MARX, G., von BORELL, E. (1999): Verhalten von Ferkeln während der Kastration mit und ohne Lokalanästhesie, *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 106 (7), S. 269-308

HOY, St. (2009): Eliminationsverhalten: In Nutztierethologie. 1. Auflage, Ulmer UTB Verlag

ILLMANN, G., SCHRADER, L., SPINKA, M., SUSTR, P. (2001a): Acoustical mother-offspring recognition in pigs (*Sus scrofa domestica*), Behaviour 139, S. 487 – 505

ILLMANN, G., SPINKA, M., DE JONGE, F. (2001b): Vocalisations around the time of milk ejection in domestic piglets: a reliable indicator of their condition? Behaviour 138, S. 431 - 451

ILLMANN, G., NEUHAUSEROVÁ, K., POKORNÁ, Z., CHALOUPKOVÁ, H., ŠIMEČKOVÁ, M. (2008): Maternal responsiveness of sows towards piglet's screams during the first 24 h postpartum. Appl. Anim. Behav. Sci. 112, S. 248 - 259

INGRAM, D. L., DAUCEY, M. J. (1985): Circadian Rhythms in the Pigs. Comp. Biochem. Physiol. 82A (1), S. 1-5

JENSEN, P., FORKMAN, B., THODBERG, K., KÖSTER, E. (1995): Individual variation and consistency in piglet's behaviour. Appl. Anim. Behav. Sci. 45, S. 43-52

KANITZ, E., TUCHSCHERER, M., PUPPE, B., TUCHSCHERER, A., STABENOW, B. (2004): Consequences of repeated early isolation in domestic pigs (*Sus scrofa*) on their behavioural, neuroendocrine, and immunological responses. Brain, Behav. Immun. 18, S 35-45

KASANEN, S., ALGERS, B. (2002): A note on the effects of additional sow grunting on suckling behavior in piglets, Appl. Anim. Behav. Sci. 75, S. 93-101

KILEY, M. (1972): The vocalization of ungulates, their causation and function Z. Tierpsychol. 31, 171-222

KLINKE, R. (1995): Hören und Sprechen, In: Physiologie des Menschen, 26. Auflage, 1995, S.258-277

KÜNZEL, H. J. (1989): How well does average fundamental frequency correlate with speakers height and weight?. *Phonetica* 46, S. 117-125

LEIDIG, M. S., HERTRAMPF, B., FAILING, K., SCHUMANN, A., REINER, G. (2009): Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anaesthesia as determined by vocalisation and defence behaviour
Appl. Anim. Behav. Sci. 116 (2009), S. 174-178

LEXER, D.; BAUMGARTNER, J.; TROXLER, J. (2001): Einfluss von Gruppengröße und Gruppenzusammensetzung auf die Tagesperiodik des Verhaltens von Absetzferkeln., In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2000, KTBL-Schrift 403, S. 46-53

LOEFFLER, K., GÄBEL, G. (2009): Anatomie und Physiologie der Haustiere, 12. Auflage, UTB Ulmer

MANTEUFFEL, G., SCHÖN, P.C. (2004): STREMODO, ein innovatives Verfahren zur kontinuierlichen Erfassung der Stressbelastung von Schweinen bei Haltung und Transport. *Arch. Tierz, Dummerstorf* 47, S. 173-181

MANTEUFFEL, G., PUPPE, B., SCHÖN, P. C. (2004): Vocalization of farm animals as a measure of welfare, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88 (2004), S. 163-182

MARCHANT, J. N., WHITTAKER, X., BROOM, D. M. (2001): Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 72 (2001), S. 23-39

MARX, D., BUCHHOLZ, M., MERTZ, R. (1988): Beziehungen zwischen Haltungstechnik und Tagesrhythmus bei frühabgesetzten Ferkeln. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1987, KTBL -Schrift 323, S. 9-35,

MARX, G. (1994): Entwicklung einer Methode zur numerischen Lautanalyse. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 194

MARX, G., HORN, T., v. BORELL, E., THIELEBEIN, J. (1999): Einschätzung der Belastung von Ferkeln mittels Lautanalyse am Beispiel der Kastration In: Landforschung Völkenrode wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von Schweinefleisch – Tagungsband, Sonderheft 193, S. 181-185

MARX, G., HORN, T., THIELEBEIN, J., KNUBEL, B., v. BORELL, E. (2003): Analysis of pain-related vocalisation in young pigs, *Journal of Sound and Vibration* 266, S. 687 - 698

MEYNHARDT, H. (1990): Schwarzwild-Report – Mein Leben unter Wildschweinen, 8. Auflage, Neumann-Neudamm-Verlag

McCOMB, K. E. (1991): Female choice for high roaring rates in red deer, *Cervus elaphus*, *Anim. Behav.* 41, S. 79-88

MOLLET, P., WECHSLER, B. (1990): Auslösende Reize für das Koten und Harnen bei Hausschweinen. Proc. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1990, KTBL-Schrift 344, S. 150-161

PAJOR, E. A., FRASER, D., KRAMER, D. L. (1995): Parent-offspring conflict in pigs, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44 (2-4), S. 274

PETHERICK, J.C. (1982): A note on the space use for excretory behavior of suckling piglets. *Appl. Anim. Ethol.* 9, S. 367-371

PUPPE, B., SCHÖN, P. C., TUCHSCHERER, A., MANTEUFFEL, G. (2003): The influence of the domestic piglets' (*Sus scrofa*) age and test experience on the preference for the replayed maternal nursing vocalisation in a modified open-field test, *Acta ethol.* 5, S. 123-129

PUPPE, B., SCHÖN, P. C., TUCHSCHERER, A., MANTEUFFEL, G. (2005): Castration-induced vocalisation in domestic pigs *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 95, S. 67-78

PUPPE, B. (2008): Ethophysiologische Untersuchungen zum Sozialverhalten beim Hausschwein am Beispiel von Mutter-Nachkommen- und sozialen Dominanzbeziehungen, Habilschr. Universität Giessen, 2008

ROHRMANN, St., HOY, St. (2004): Untersuchungen zu den Körpermaßen von Ebern in Besamungsstationen. *Züchtungskunde* 76 (2004), S. 262-271

SCHLICHTING, M. C., SMIDT, D. (1989): Kriterium Tier, Subkriterium „Tierverhalten“. In: *Haltungssysteme Mastschweine*, KTBL-Schrift 335, S. 71-82

SCHMIDT, C. (2009): Akustische Grundlagen, Script SS 2009 der Vorlesung Stimmkunde der Hochschule für katholische Kirchenmusik und Musikpädagogik Regensburg

SCHÖN, P. C., PUPPE, B., GROMYKO, T., MANTEUFFEL, G. (1999): Common features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs (*Sus Scrofa*): A multiparametric analysis, *Behaviour* 136 (1), S. 49-66

SCHÖN, P.C., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. (2001): Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). *J. Acoust. Soc. Am.* 110 (3), S. 1425-1431

SCHÖN, P. C., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. (2003): A neuronal network for the analysis and monitoring of stress calls of pigs, *Precision Livestock Farming*, Wageningen Academic Publishers, S. 143-148

SCHÖN, P. C., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. (2004): Automated recording of stress vocalizations as a tool to document impaired welfare in pigs, *Animal Welfare* 13, S. 105-110

SCHÖN, P. C., MANTEUFFEL, G. (2006): Möglichkeiten und Grenzen der Lautanalyse bei der Überwachung von Tierbeständen, VDI-Berichte Nr. 1935 (2006), S. 63-74

SCHÖN, P. C., PUPPE, B., TUCHSCHERER, A., MANTEUFFEL, G. (2006): Veränderungen der Vokalisation während der Kastration beim Hausschwein weisen auf Schmerzempfinden hin, Züchtungskunde 78 (1), S. 44-54

SCHRADER, L (1996).: Stressreaktionen und Lautcharakteristika beim Hausschwein (*Sus scrofa domestica*), Dissertation FU Berlin

SCHRENK, H. J., MARX, D. (1982a): Der Aktivitätsrhythmus von Ferkeln und seine Beeinflussung durch Licht und Futtergabe. 1. Mitteilung: Vergleich der Aktivitätsrhythmik von Saugferkeln und frühabgesetzten Ferkeln, Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 95, S. 10-14

SCHRENK, H. J., MARX, D. (1982b): Der Aktivitätsrhythmus von Ferkeln und seine Beeinflussung durch Licht und Futtergabe. 2. Mitteilung: Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss von Licht und Futtergabe. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 4, S. 61-65

SPINKA, M., STEHULOVA, I., ZACHAŘOVÁ, J., MELETÍNSKÁ, J., ILLMANN, G. (2002): Nursing behaviour and nursing vocalisations in domestic sows: repeatability and relationship with maternal investment, Behaviour 139, S. 1077-1097

TAYLOR, L., FRIEND, T.H. (1986): Open-Field Test behavior of growing swine maintained on a concrete floor and a pasture. Appl. Anim. Behav. Sci. 16, S. 143-148

TAYLOR, A. A., WEARY, D. M. (2000): Vocal response of piglets to castration: identifying procedural sources of pain, Appl. Anim. Behav. Sci. 70, S. 17-26

TAYLOR, A. A., WEARY, D. M., LESSARD, M., BRAITHWAITE, L. (2001): Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglets age, Appl. Anim. Behav. Sci. 73, S. 35-43

TCHERNIKOVSKI, O., NOTTEBOHM, F., HO, C. E., PESARAN, B., MITRA, P. P. (2000): A procedure for an automated measurement of song similarity. *Anim. Behav.* 59, S. 1167 - 1176

TEMBROCK, G. (1982): *Tierstimmenforschung*, 3. Auflage 1982, A. Ziemsen Verlag Wittenberg Lutherstadt

TEMBROCK, G. (1996): *Akustische Kommunikation bei Säugetieren*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1996

VAN PUTTEN, G. (1978): Schwein. In: Sambraus, H. H. (Hrsg.): *Nutztierethologie – Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere – Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis*. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg

VON BORELL, E., LADEWIG, J. (1992): Relationship between behaviour and adrenocortical response pattern in domestic pigs, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 34(3), S. 195-206

VON BORELL, E., BÜNGER, B., SCHMIDT, T., HORN, T. (2009): Vocal-type classification as a tool to identify stress in piglets under on-farm conditions, *Anim. Welfare* 18, S. 407 - 416

WAGNER, W. (2006): *Stimmveränderung*,
http://www.old.unibayreuth.de/departments/didaktikchemie/experimente/effekt/effekt_stimmeh.htm

WEARY, D. M., FRASER, D. (1995a): Signalling need: costly signals and animal welfare assessment, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, S. 159-169

WEARY, D. M., FRASER, D. (1995b): Calling by domestic piglets: reliable signals of need? *Anim. Behav.* 50, S. 1047-1055

WEARY, D. M., LAWSON, G. L., THOMPSON, B. K. (1996): Sows show stronger responses to isolation calls of piglets associated with greater levels of piglets need, *Anim. Behav.* **52**, S. 1247 - 1253

WEARY, D., ROSS, S., FRASER, D. (1997): Vocal response of isolated piglets to weaning: effect of piglet age, *Appl. Anim. Behav. Sci.* **54**, S. 153-160

WEARY, D. M., BRAITHWAITE, L. A., FRASER, D. (1998): Vocal response to pain in piglets, *Appl. Anim. Behav. Sci.* **56**, S. 161-172

WEARY, D., APPELBY, M. C., FRASER, D. (1999): Responses of piglets to early separation from the sow, *Appl. Anim. Behav. Sci.* **63**, S. 289-300

WECHSLER, B., HEGGLIN, D. (1997): Individual differences in the behavior of sows at the nest-site and the crushing of piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **51**, S. 39 - 49

WHATSON, T. S. (1985): Development of elimination behaviour in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **14**, S. 365-377

WHITE, R. G., DESHAZER, J. A., TRESSLER, C. J., BORCHER, G. M., DAVEY, S., WANNINGE, A., PARKHURST, A. M., MILANUK, M. J., CLEMENS, E. T. (1995): Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic, *J. Anim. Sci.* **73**, S. 381-386

WILLIAMS, C. E., STEVENS, K. N. (1972): Emotions and speech: some acoustical correlates, *J. Acoust. Soc. Am.*, **52**, S. 1238-1250

1 ANHANG

Tabelle A 1: Gesamtlautanzahl/10 min und Lautanzahlen in den betrachteten Einzelminuten bezogen auf die Tageszeit

	7:30 – 11:00 Uhr	ab 11:00
Gesamtlautanzahl	463,47 ± 16,19	454,93 ± 18,41
Lautanzahl 1. Minute	44,50 ± 2,04	41,41 ± 2,32
Lautanzahl 5. Minute	47,43 ± 1,93	47,79 ± 2,20
Lautanzahl 10. Minute	42,28 ± 1,82	41,32 ± 2,07

Tabelle A 2: Korrelation zwischen ausgewählten Lautparametern und den Körpermaßen

	Körperlänge	Brustumfang
dur		0,121 p < 0,001
pf	-0,003 n.s.	
Q75-Q25	-0,02 n.s.	

Tabelle A 3: Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Pietrain

	Grunzlaut	Quieklaut	Schrei	sonstiges
Grunzlaut	99,93 %	0,00 %	0,03 %	0,03%
Quieklaut	13,04 %	60,87 %	24,64 %	1,45 %
Schrei	4,09 %	1,75 %	93,86 %	0,29 %

Tabelle A 4: Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Duroc

	Grunzlaut	Quieklaut	Schrei	sonstiges
Grunzlaut	99,90 %	0,00 %	0,00 %	0,10%
Quieklaut	15,25 %	71,19 %	10,17 %	3,39 %
Schrei	2,17 %	10,87 %	84,78 %	2,17 %

Tabelle A 5: Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein

	Grunzlaut	Quieklaut	Schrei	sonstiges
Grunzlaut	99,88 %	0,00 %	0,03 %	0,12%
Quieklaut	11,86 %	54,24 %	27,12 %	6,78 %
Schrei	7,41 %	3,17 %	88,36 %	1,06 %

Tabelle A 6: Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb der Rassekreuzung Deutsches Edelschwein x Pietrain

	Grunzlaut	Quieklaut	Schrei	sonstiges
Grunzlaut	99,85 %	0,00 %	0,07 %	0,07%
Quieklaut	8,91 %	65,35 %	20,79 %	4,95 %
Schrei	5,23 %	4,90 %	88,56 %	1,31 %

Tabelle A 7: Kreuzvalidierungsergebnisse mit 2 nächste Nachbarn - Prozentwerte der klassifizierten Lauttypen innerhalb der Rassekreuzung Deutsche Landrasse x Pietrain

	Grunzlaut	Quieklaut	Schrei	sonstiges
Grunzlaut	99,91 %	0,03 %	0,00 %	0,06%
Quieklaut	9,25 %	68,21 %	19,65 %	2,89 %
Schrei	7,20 %	4,45 %	87,50 %	0,85 %

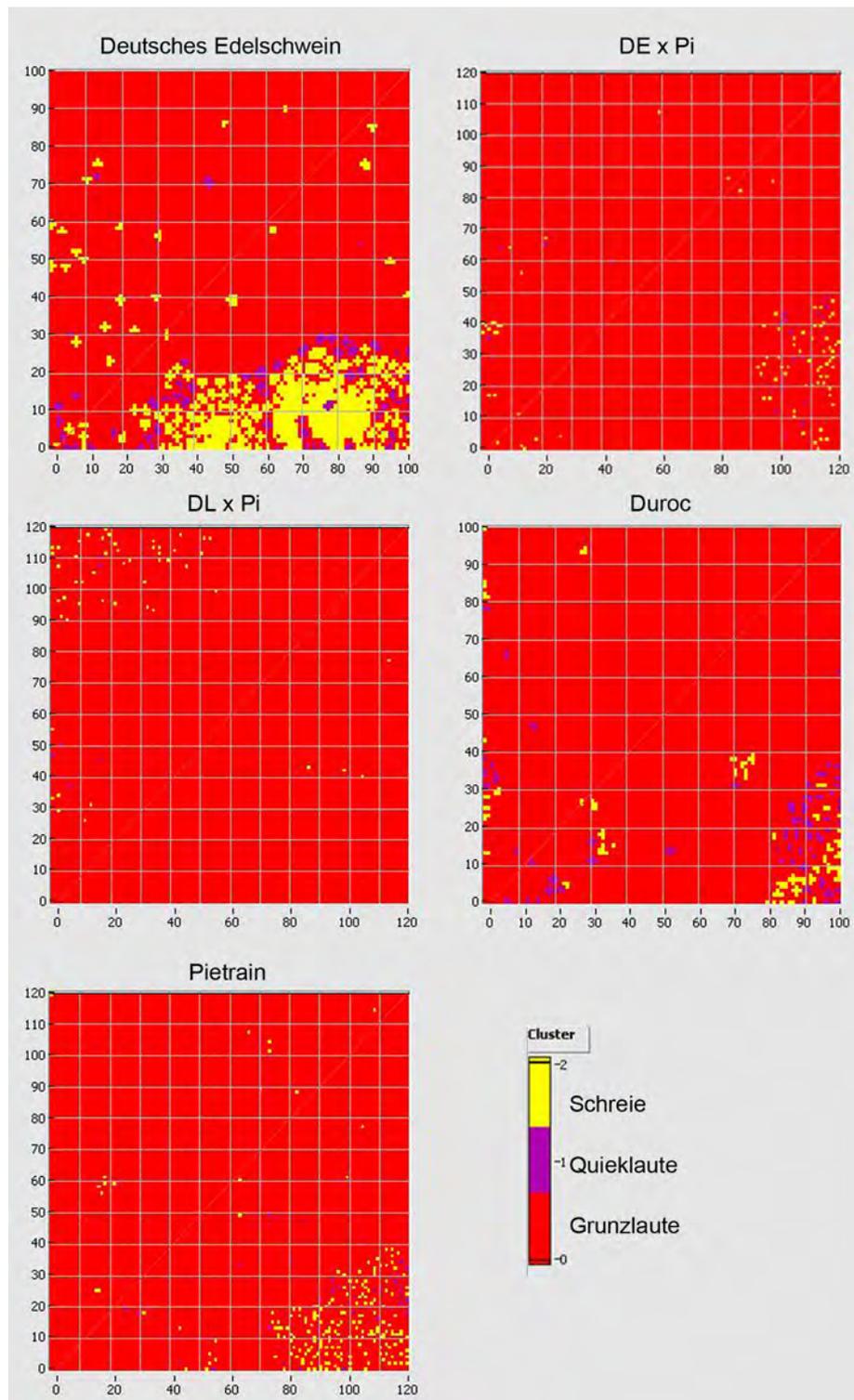


Abbildung A 1: Ergebnisse der LPC-Klassifikation des trainierten Kohonen-Netzes mit original Klassenbesetzung der Lauttypen innerhalb des Genotyps Deutsches Edelschwein (oben links), der Rassekreuzung DE x Pi (oben rechts), DL x Pi (mitte links), des Genotyps Duroc (mitte rechts) und Pietrain (unten links).

Ich erkläre:

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Danksagung

Letztlich bleibt mir noch die Aufgabe mich bei all den Menschen zu bedanken, die mich während meiner Promotion fachlich, praktisch und persönlich unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. St. Hoy für die Überlassung des Themas und der sehr guten Betreuung während der Zeit meiner Promotion – von nah und fern – und Herrn PD Dr. rer. nat. B. Puppe vom Leibnitz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf für die Übernahme des Koreferates und der konstruktiven Hilfe bei Fragen rund um die Lautanalyse.

Einen herzlichen Dank auch an Herrn Dr. –Ing. P. Schön und Frau Dr. rer. nat. S. Döpjan, ebenfalls vom Leibnitz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf, für die Zeit, die ihr euch für mich bei meinen Besuchen in Dummerstorf und den Telefonaten genommen habt. Vielen Dank dafür.

Vielen Dank an alle Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Tierhaltung und Haltungsbiologie des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität. Ihr habt es mir erleichtert in Gießen Fuß zu fassen und danke euch für die fantastische Arbeitsatmosphäre und die fachlichen und freundschaftlichen Gespräche. Besonderer Dank gilt dafür Caro – meiner Ex-Büronachbarin und Freundin – vielen, vielen Dank für alles. Nicht zu vergessen, die Mitarbeiter der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof, mit denen die Zusammenarbeit sehr gut verlief und viel Spaß machte.

Meinen Eltern Sigrid und Karl-Heinz Hofmann, meiner Schwester Sandra und meinem Freund Stefan danke ich für den Rückhalt und dafür, dass ihr meine Launen ohne Murren ertragen, mich unterstützt habt und einfach nur für mich da ward. Meine Tochter Glenda und meine Nichte Johanna – ihr zwei schafft es, aus einem Sch...-tag doch wieder einen guten zu machen, nur durch euer bezauberndes Lächeln. Es hat mir oft geholfen neuen Ansporn zur Fertigstellung dieser Dissertation zu geben. Ich bin Stolz und Dankbar eine solche Familie zu haben!



Quelle: BSSB[®], R. Schuhmann



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5755-8



9 783835 957558