

Aus dem Department für Nutztierwissenschaften
Lehrstuhl für Produktionssysteme der Nutztiere
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

**GENETISCHE ANALYSE
VON VERHALTENSMERKMALEN
BEIM SCHWEIN**



Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Master of Science
ANNE KATHRIN APPEL
geboren in Kassel

Göttingen, Dezember 2012

D7

1. Referent: Prof. Dr. Dr. M. Gauly

2. Korreferent: Prof. Dr. H. Brandt

Tag der mündlichen Prüfung: 04.02.2013

FÜR MEINE FAMILIE

„So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig, man muss sie für fertig erklären,
wenn man nach Zeit und Umständen das möglichste getan hat.“

Johann Wolfgang Goethe

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	1
SUMMARY	4
KAPITEL I.....	6
<i>ALLGEMEINE EINLEITUNG</i>	
KAPITEL II.....	14
<i>LITERATURÜBERSICHT</i>	
2.1 Rechtliche Grundlagen in der Schweinehaltung	15
2.2 Haltungsverfahren für Sauen in unterschiedlichen Produktionsabschnitten	16
2.2.1 Abferkelstall	17
2.2.2 Wartestall	19
2.3 Verhalten	21
2.3.1 Genetik des Verhaltens.....	22
2.3.2 Verhaltensweisen beim Schwein	23
2.4 Literaturverzeichnis.....	32
KAPITEL III.....	47
<i>BEHAVIOUR TESTS IN PIGS FOCUSED ON MATERNAL ABILITY: A REVIEW</i>	
KAPITEL IV.....	81
<i>VARIANCE COMPONENTS OF AGGRESSIVE BEHAVIOR IN GENETICALLY HIGHLY CONNECTED PIETRAIN POPULATIONS KEPT UNDER TWO DIFFERENT HOUSING CONDITIONS</i>	
KAPITEL V	101
<i>GENETIC ASSOCIATIONS BETWEEN MATERNAL TRAITS AND AGGRESSIVE BEHAVIOUR IN LARGE WHITE SOWS</i>	
KAPITEL VI.....	127
<i>ALLGEMEINE DISKUSSION</i>	
6.1 Mütterlichkeit.....	128
6.1.1 Muttereigenschaften – indirekte Merkmalerfassung	131
6.2 Agonistisches Verhalten.....	135
6.3 Ausblick und Schlussfolgerung	138
6.4 Literaturverzeichnis.....	139

TABELLENVERZEICHNIS

KAPITEL III

TABLE 1: Overview of behaviour tests for assessment of behaviour related to maternal ability in pigs and estimated heritabilities ($h^2 \pm SE$)51

TABLE 2: Overview of test designs of studies describing tests based on separation of the sow from the litter.....59

TABLE 3: Overview of genetic correlation between behaviour traits and reproduction traits65

KAPITEL IV

TABLE 1: Heritabilities ($\pm SE$), additive genetic variance (σ^2_a) and residual variance (σ^2_e) of the analyzed behavior traits for mixed Pietrain gilts (combined analysis of both farms, farm A, farm B)89

KAPITEL V

TABLE 1: Recorded behaviour traits and number of phenotyped gilts and sows105

TABLE 2: Description of the sows' maximum response categories in the separation tests on day1 post partum (SEPD1) and day 10 post partum (SEPD10)108

TABLE 3: Definitions of the traits associated with sows' performance and number of phenotyped animals109

TABLE 4: Frequencies of the sows in categories in the traits associated with lactating sow's performance110

TABLE 5: Heritabilities ($\pm s.e.$), additive genetic variance (σ^2_a) and random permanent effect of the sow (σ^2_{sow}) for behaviour traits (ATTACK, FIGHT, SEPD1 and SEPD10) and sows' performance traits evaluated during lactation113

TABLE 6: Genetic correlations within the behavior traits and traits for sows' performance during lactation115

TABLE 7: Genetic correlations (above diagonal) and phenotypic correlations (below diagonal) within the traits for sows' performance during lactation116

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

KAPITEL I

ABBILDUNG 1: Schematische Beschreibung der Bedeutung von ausgewählten Verhaltensmerkmalen beim Schwein9

KAPITEL V

FIGURE 1: Mean values (with standard error bars) of farrowing behaviour (FARROW), rearing performance (REARING), usability of the sow (USABILITY) and udder quality of the sow (UDDER) for sows in different parities114

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit verschiedenen Verhaltensparametern bei Schweinen, die in unterschiedlichen Produktionsabschnitten erfasst werden, auseinander. Die Ziele der Arbeit bestanden in der Untersuchung von Merkmalen, die zum einen das agonistische Verhalten und zum anderen mütterliches Verhalten von Schweinen charakterisieren. Des Weiteren wurde eine genetische Analyse der untersuchten Verhaltensparameter durchgeführt und damit die Möglichkeit einer züchterischen Bearbeitung dieser Merkmale evaluiert.

Verhaltensparameter beim Schwein erlangen aufgrund der zurzeit stattfindenden Entwicklungen in der Schweineproduktion, wie die Gruppenhaltung von tragenden Sauen und Trends in Richtung alternativer Haltungstechniken von laktierenden Sauen, zunehmend an Bedeutung. Eine Reduzierung von Aggressionen bei Schweinen in der Gruppenhaltung, sowie geringere Saugferkelverluste durch bessere Muttereigenschaften führen nicht nur zu einem gesteigerten Tierwohl und weniger Tierverlusten, sondern auch zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Schweineproduktion.

Im **dritten Kapitel** wird eine Literaturübersicht über bisher beschriebene Verhaltenstests gegeben, die genutzt wurden, um Muttereigenschaften zu erfassen.

Verschiedene Testformen wurden entwickelt um das Maß an Ängstlichkeit und Aggressivität der Tiere gegenüber dem Menschen zu beurteilen. Es gibt unter anderen Tests mit denen die Kontaktfreudigkeit gegenüber Menschen gemessen wurde, sowie Tests zum Meidungsverhalten. Während der Laktation wurde die Aufmerksamkeit der Sau gegenüber ihrem Wurf mit Hilfe verschiedener Formen der Trennung von Sau und Ferkeln bonitiert. Die Empfindsamkeit der Sau gegenüber ihren Ferkeln wurde mittels eines akustischen Signals („Ferkel-Schrei-Test“) oder taktilen Stimulus überprüft.

Die in der Literatur beschriebenen Verhaltenstests unterscheiden sich deutlich in ihrem Aufbau, Bewertungsschema und eingesetzten Genetiken. Zudem wurden häufig nur geringe Tierzahlen untersucht. Genetische Parameter der Verhaltenstests sind daher rar. Dennoch erscheinen Verhaltenstests dafür geeignet zu sein, um Muttereigenschaften von Sauen charakterisieren und züchterisch verbessern zu können. Über die Beziehung

zwischen Muttereigenschaften und anderen Verhaltensmerkmalen, sowie Produktionsparameter ist bisher wenig bekannt.

Im ersten Versuch (**viertes Kapitel**) wurde untersucht in wie weit sich die genetischen Parameter von agonistischen Verhaltensmerkmalen unterscheiden, wenn eng miteinander verwandte Tiere unter zwei verschiedenen Haltungsumwelten untersucht werden. Es wurden Daten von insgesamt 543 Jungsauen der Linie Pietrain analysiert, 302 Tiere standen auf Betrieb A und 241 auf Betrieb B. Die untersuchten Jungsauen stammten von 96 Ebern ab, von denen 64% Nachkommen auf beiden Betrieben besaßen. Es bestanden deutliche Unterschiede in der Haltung der Jungsauen zwischen den beiden Betrieben. Das Verhalten der $214 \pm 12,2$ Tage alten Jungsauen wurde über eine Dauer von 30 Minuten beobachtet, nachdem Tiere aus verschiedenen Aufzuchtgruppen zusammengestellt wurden. Die Jungsauen von Betrieb A zeigten weniger unilaterale Aggressionen und bilaterale Aggressionen, wie Jungsauen von Betrieb B. Die Heritabilitäten für die Merkmale unilaterale und bilaterale Aggression lagen für Tiere auf Betrieb A auf einem niedrig Niveau ($h^2 = 0,11 \pm 0,07$ bzw. $h^2 = 0,04 \pm 0,07$). Auf Betrieb B konnte für das Merkmal unilaterale Aggression eine Erblichkeit von $h^2 = 0,29 \pm 0,13$ und für bilaterale Aggression von $h^2 = 0,33 \pm 0,12$ berechnet werden. Die genetische Korrelation zwischen den gleichen Merkmalen getestet auf Betrieb A und Betrieb B liegt auf einem hohen Niveau. Agonistisches Verhalten scheint daher in dieser Untersuchung nicht nennenswert von Genotyp-Umwelt-Interaktionen beeinflusst zu werden. Aus den Ergebnissen lässt sich zudem ableiten, dass eine Selektion auf agonistische Verhaltensmerkmale Erfolg versprechend ist.

Ziel des zweiten Versuchs (**fünftes Kapitel**) war die Analyse von Verhaltenstests während der Laktation, die dazu geeignet sind, das mütterliche Verhalten von Sauen zu beschreiben. Außerdem wurde deren Beziehung mit agonistischen Verhaltensparametern beim Zusammenstellen von einander unbekanntem Large White Jungsauen ($n = 798$) berechnet. Insgesamt wurden drei verschiedene Tests hinsichtlich des Verhaltens durchgeführt. Zum einen wurde zu zwei verschiedenen Zeitpunkten in der Laktation, d.h. innerhalb der ersten zwei bis zwölf Stunden nach der Geburt (SEPD1) und um den zehnten Tag nach der Geburt (SEPD10) die Reaktion von 848 Large White Sauen auf die Trennung von ihren Ferkeln ($n = 2,022$ Würfe) ermittelt. Zusätzlich wurden die Merkmale unilaterale und bilaterale

Aggression, beim Zusammenstallen von Jungsaunen, die aus verschiedenen Aufzuchtgruppen stammen, erfasst. Weiter wurde das Geburtsverhalten der Sauen, die Aufzuchtleistung der Sauen, die Gebrauchsfähigkeit der Sauen und das Gesäuge der Sauen während der Laktation bonitiert. Für die Verhaltensmerkmale SEPD1 ($h^2 = 0,03 \pm 0,03$) und SEPD10 ($h^2 = 0,02 \pm 0,03$) konnten niedrige Erblichkeiten analysiert werden. Für die zusätzlichen Parameter (Geburtsverhalten, Aufzuchtleistung, Gebrauchsfähigkeit und das Gesäuge), die während der Laktation erfasst wurden, konnten niedrige bis mittlere Erblichkeiten ($h^2 = 0,03 \pm 0,02$ bis $h^2 = 0,19 \pm 0,03$) berechnet werden. Die Erblichkeiten für uni- und bilaterale Aggression bei Jungsaunen lagen auf einem niedrigen (bilaterale Aggression) bis moderaten Niveau (unilaterale Aggression). Aufgrund von hohen Standardfehlern konnte keine Schlussfolgerung bezüglich der genetischen Beziehung zwischen mütterlichen Verhalten und agonistischen Verhaltensparametern gezogen werden.

Abschließend ist zu sagen, dass eine züchterische Bearbeitung von Verhaltensmerkmalen beim Schwein machbar und erstrebenswert erscheint. Die Ansätze dieser Arbeit können genutzt werden um Verhaltensmerkmale in Zuchtprogramme beim Schwein weiter zu integrieren bzw. ihnen eine größere Gewichtung im Zuchtziel zukommen zu lassen.

SUMMARY

This thesis deals with different behaviour parameters in pigs, which were measured during different production periods. **The aims of the thesis** were to investigate traits that characterise agonistic behaviour as well as maternal behaviour in pigs. Furthermore, a genetic analysis of the investigated behavioural parameters had taken place in order to determine whether it is possible to include these behaviour traits in pig breeding programmes.

Due to the changes that are currently taking place in the pig production (i.e. pregnant sows being kept in groups and increasing trends towards alternative housing systems of lactating sows) behaviour traits are gaining more and more importance. Reduced aggression among pigs kept in groups as well as better maternal behaviour in lactating sows will not only improve animals' welfare and lead to reduced losses of piglets, but will also improve the profitability of pig production.

The **third chapter** contains a review of tests that have been described to capture maternal characteristics in sows. Different test types have been developed to evaluate the aggressive and fearful behaviour towards humans. Tests have been developed to determine how sociable or anxious pigs react when coming into contact with people. In tests for lactating sows have been developed to assess the level of maternal care the sow shows towards her piglets through different kinds of separation between sow and piglets. The susceptibility of the sow towards the piglets has been assessed by acoustic signals ('piglet scream test') or by tactile stimuli. The tests described in the literature differ greatly regarding experimental setup and evaluation. In some studies very small numbers of pigs were tested. Therefore, genetic parameters in these studies are rare. However, behaviour tests seem suitable to help to genetically improve the behaviour of sows towards their offspring. Little is known about the correlation between maternal behaviour and other behaviour traits as well as production parameters.

The purpose of the first trial (**fourth chapter**) was to determine how much the genetic parameters of agonistic behaviour differ when closely related animals were observed in

two different surroundings. Data of 543 young Pietrain gilts (214 ± 12.2 days of age) had been collected, of which 302 pigs were housed on farm A, and 241 pigs housed on farm B. The housing conditions differ considerably between the two farms. The gilts were the offspring of 96 sires, with 64% of these having tested progeny on both farms. The behaviour of the pigs was observed for 30 minutes after the mixing of gilts from different rearing groups. The gilts from farm A showed less uni- and bilateral aggressions than those from farm B. The heritability for unilateral and bilateral aggression were of low magnitude for the pigs from farm A ($h^2 = 0.11 \pm 0.07$ and $h^2 = 0.04 \pm 0.07$, respectively). On farm B unilateral aggression had a heritability of $h^2 = 0.29 \pm 0.13$ and bilateral aggression of $h^2 = 0.33 \pm 0.12$. The genetic correlation between both traits examined on the two farms lie on a high level. Based on these values there seem to be no appreciable genotype x environment interactions. It can be fairly derived from these results that a genetic selection towards agonistic characteristics may be promising.

The aim of the second test (**fifth chapter**) was to evaluate the suitability of behaviour tests on lactating sows in order to determine the sows' maternal behaviour. Furthermore, their relationship with agonistic behaviour traits was calculated. Therefore, 798 Large White gilts were scored for agonistic behaviour at regrouping. The response of 848 Large White sows towards the separation from their 2,022 litters was observed at two different stages of lactation (i.e. within the first 2 to 12 hours after birth (SEPD1) and around day 10 after birth (SEPD10)). In addition, farrowing behaviour of the sows, rearing performance, the usability of the sows and udder quality were evaluated during lactation period.

Low heritabilities were analysed for behaviour traits SEPD1 ($h^2 = 0.03 \pm 0.03$) and SEPD10 ($h^2 = 0.02 \pm 0.03$). For additional traits that were measured during lactation period low to moderate heritabilities could be estimated ($h^2 = 0.03 \pm 0.02$ to $h^2 = 0.19 \pm 0.03$). The heritability in gilts for unilateral and bilateral aggression was at a low (bilateral aggression) to moderate (unilateral aggression) level. No conclusion about the relationship between agonistic behaviour and maternal behaviour can be drawn due to high standard errors.

To sum up, it seems to be possible and desirable to genetically alter these behaviour traits. These approaches may be used for the further integration of behaviour traits into pig breeding programmes.

KAPITEL I

Allgemeine Einleitung

-Bedeutung von Verhaltensmerkmalen-

Kapitel I: Allgemeine Einleitung - Bedeutung von Verhaltensmerkmalen -

In Hinblick auf die Schweineproduktion kann man in Deutschland zwei Entwicklungen feststellen.

Zum einen ist der Tierschutz zu einem gesamtgesellschaftlichen Thema avanciert (Spiller, 2012). Wie in vielen westlichen Gesellschaften ist auch in Deutschland ein grundsätzlicher Wertewandel hinsichtlich des Themas Tierschutz festzustellen (Deimel et al., 2010). Das Interesse der Verbraucher und das kritische Hinterfragen der Produktionsbedingungen von Lebensmitteln nimmt zu (Deimel et al., 2010). So sind die Themen Tierschutz und Tierwohl auch bei Kaufentscheidungen der Verbraucher, u.a. für Schweinefleisch, in den Vordergrund gerückt (Deimel et al., 2010; Aigner, 2012). Die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zeigen, dass für Verbraucher die Massentierhaltung bei Schweinen bereits ab einer Bestandsgröße von 1000 Tieren beginnt (Spiller und Kayser, 2012). Mit Massentierhaltung verbinden die Verbraucher ein zu geringes Platzangebot pro Tier und mangelnde Tiergerechtigkeit (Spiller und Kayser, 2012). Eine mögliche Ursache für das gestiegene gesellschaftliche Anliegen hinsichtlich Tierschutz und Tierwohl ist in der fortschreitenden Entfernung der Gesellschaft von der landwirtschaftlichen Erzeugung zu suchen (Deimel et al., 2010; Aigner, 2012). Zudem übertragen die Verbraucher zunehmend die Wertschätzung ihrer Haustiere auf die landwirtschaftlichen Nutztiere (Deimel et al., 2010), welche die meisten nur noch aus den Medien kennen (Aigner, 2012). Das wachsende Interesse der Verbraucher hinsichtlich des Tierschutzes führt zu steigenden Ansprüchen an den Markt, auf welche der Lebensmitteleinzelhandel u.a. mit der Einführung von Tierschutzlabels reagiert. Aber auch politisch hat das Thema Tierschutz an Bedeutung gewonnen (Deimel et al., 2010). Ursächlich für Gesetzesänderungen bzgl. der Nutztierhaltung und Tierschutz sind neben neuen Erkenntnissen in der Nutztierethologie und der Tiergesundheitslehre (Deimel et al., 2010), auch der zunehmende Druck der Verbraucher und Nichtregierungsorganisationen (Spiller, 2012).

Zum anderen kann man in der Landwirtschaft den Trend beobachten, dass es weniger landwirtschaftliche Betriebe gibt und die Tierzahl der verbleibenden Betriebe zunimmt (ML Niedersachsen, 2012a; ML Niedersachsen, 2012b). Der stattfindende Wandel ist zumeist

notwendig, damit die verbliebenen Betriebe nicht nur nachhaltig und verantwortungsvoll, sondern auch weiter wirtschaftlich produzieren können. Die Betriebe sind vermehrt mit einem höheren Technikbesatz ausgestattet, auf diese Weise kann eine größere Anzahl Tiere pro Arbeitskraft betreut werden (Valros, 2003; Spandau, 2010).

Die zurzeit stattfindenden Entwicklungen in der Schweineproduktion führen zu einer zunehmenden Bedeutung von Verhaltensmerkmalen (Abb. 1). So sind seit 2013 tragende Sauen EU-weit in Gruppen zu halten (EU-Richtlinie 2001/88/EG; EU-Richtlinie 2008/120/EG). Sich abzeichnende Trends in der Schweinehaltung sind Änderungen, die die Haltung von laktierenden Sauen in Bewegungsbuchten betreffen oder möglicherweise zu einer Gruppenhaltung im Deckzentrum und einer Gruppenhaltung von laktierenden Sauen führen (Nielsen, 2012; Hesse, 2012). Die heutigen und künftigen Entwicklungen stellen Landwirte, aber auch die Tiere, vor neue Herausforderungen (Fehrendt, 2012).

Das Zusammenstallen von einander unbekanntem Schweinen ist bereits Routine in der heutigen Schweineproduktion und findet in verschiedenen Produktionsabschnitten statt (Turner et al., 2010). Eine Gruppentauglichkeit der Tiere ist wichtig, um Aggressionen zwischen den Tieren auf einem niedrigen Niveau zu halten. Auf diese Weise kann der soziale Stress für die Tiere reduziert werden. Zusätzlich kann das Verletzungs- und das mögliche Abgangsrisiko minimiert werden (Kongsted, 2004; Stukenborg, 2011).

Trotz der bisherigen Steigerungen der biologischen Leistungen in den letzten Jahren wird auch für die nächsten Jahre eine weitere Zunahme der Ferkelzahlen prognostiziert (Bäurle und Schnippe, 2012). Aufgrund der steigenden Bestandsgrößen in der Sauenhaltung wird die Arbeitszeit, die für das einzelne Tier zur Verfügung steht, weniger (Valros, 2003). Erdrücken und Verhungern sind die wichtigsten Verlustursachen von Saugferkeln (Dyck und Swierstra, 1987; de Passillé und Rushen, 1989; Algers et al., 1990; Edwards et al., 1994; Weary et al., 1996; Hellbrügge et al., 2008) und nehmen laut Andersen et al. (2011) mit steigender Wurfgröße zu. Das Risiko von Saugferkelverlusten ist bei der Haltung von laktierenden Sauen in Bewegungsbuchten erhöht (Damm et al., 2005; Baumgartner et al., 2005). Somit ist eine gute Mütterlichkeit der Sauen essentiell für gute Überlebensraten und Wachstum der Ferkel. Eine fruchtbare Sau, die zugleich ein gutes Säugeverhalten aufweist und sich aufmerksam gegenüber ihren Ferkeln zeigt, wird daher zunehmend wichtig.

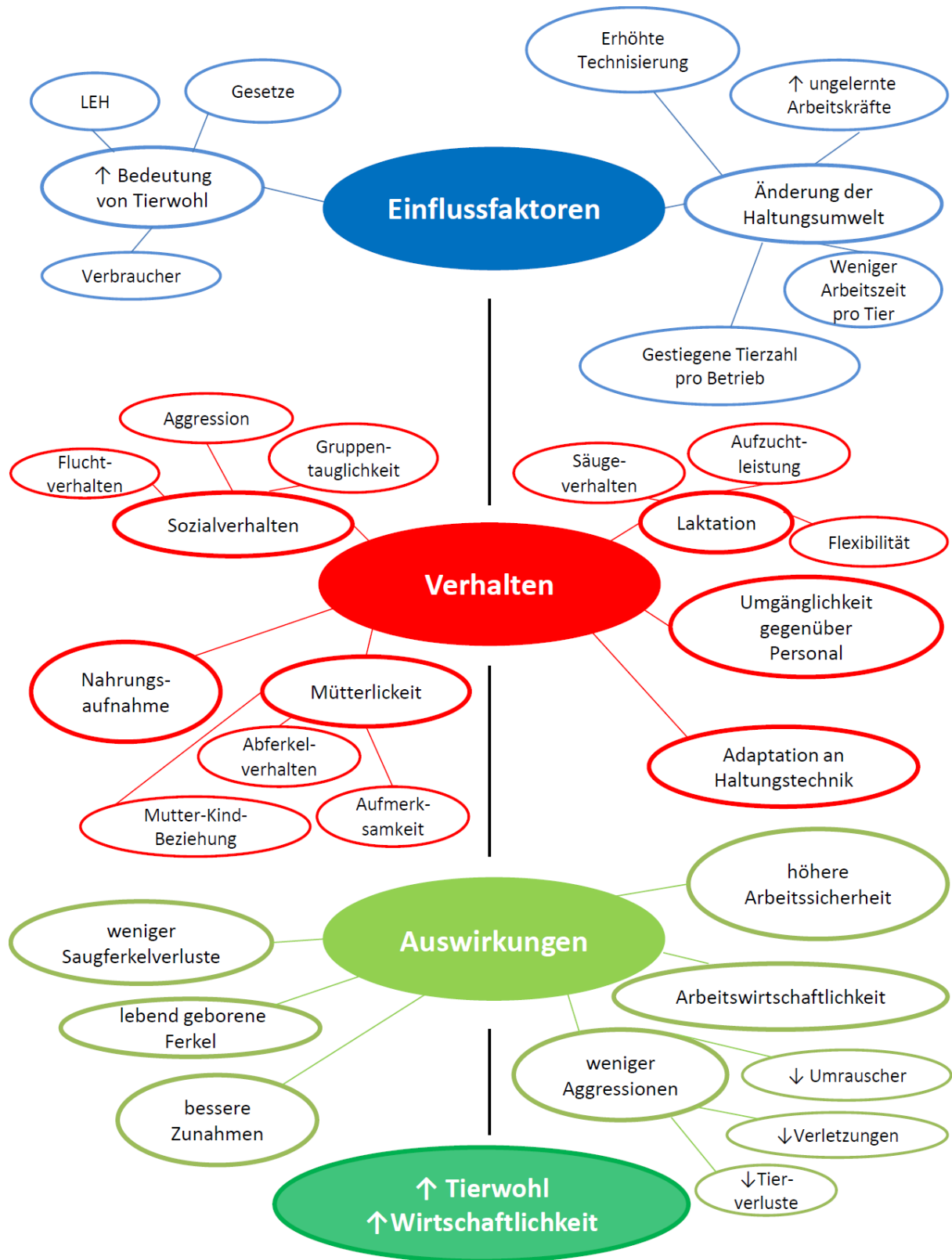


Abbildung 1: Schematische Beschreibung der Bedeutung von ausgewählten Verhaltensmerkmalen beim Schwein

(Eigene Darstellung, die Abbildung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.)

Aufgrund der gestiegenen Bedeutung von Gruppen- bzw. Bewegungsbuchten ist eine gute Umgänglichkeit der Tiere z.B. bei Managementmaßnahmen notwendig, um die Arbeitssicherheit des Personals gewährleisten zu können. Durch die erhöhte Technisierung in der Schweinehaltung ist außerdem eine gute und möglichst schnelle Adaptation von Tieren an diese Technik nötig. Eine entsprechende Technikakzeptanz der Schweine führt überdies zu einer verbesserten Arbeitswirtschaftlichkeit (Appel und Voß, 2010).

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung von Verhaltenstests bzw. Indikatoren, die sich dazu eignen Verhaltensparameter bei Schweinen abzubilden. Die Tests sollen gut in die Arbeitsabläufe eines Praxisbetriebes integrierbar sein und sollten möglichst wenig zusätzliche Zeit in Anspruch nehmen. Zudem soll untersucht werden, ob sich die Verhaltensparameter als Selektionskriterien eignen und in wieweit eine Integration dieser Merkmale in bestehende Zuchtprogramme möglich bzw. sinnvoll ist.

Das **dritte Kapitel** ist eine Literaturübersicht, in der bisher verwandte Verhaltenstests und Indikatoren, die mit mütterlichen Verhalten von Sauen in Verbindung stehen, dargestellt werden.

Im **vierten Kapitel** wird überprüft, in wieweit die Haltungsumwelt einen Effekt auf die Ausbildung von agonistischen Verhaltensparametern hat. Hierzu werden Tiere einer genetisch eng miteinander verwandten Pietrainpopulation unter zwei Haltungsumwelten getestet.

Das Verhalten von Sauen während der Laktation wird im **fünften Kapitel** analysiert. Zusätzlich werden Parameter erfasst, die mit der Mütterlichkeit der Sauen in Zusammenhang stehen, sowie die Korrelationen zu agonistischen Verhaltensparametern ermittelt.

Literaturverzeichnis

Aigner, I., 2012. 10 Jahre Staatsziel Tierschutz – Bilanz und Ausblick. In: BMELV (Hrsg.), 10 Jahre Staatsziel Tierschutz – Bilanz und Ausblick. Dokumentation. Symposium 24. Juli 2012, Bonn, Deutschland.

- Algers, B., Rojanasthien, S., Uvnäs-Moberg, K., 1990. The relationship between teat stimulation, oxytocin release and grunting rate in the sow during nursing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26, 267-276.
- Andersen I. L., Nævdal E., Bøe K. E., 2011. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 1159–1167.
- Appel, A. K., Voß, B., 2010. Das Verhalten mit berücksichtigen. *LAND & Forst* 35, 42-43.
- Bäurle, H., Schnippe, F., 2012. Ferkelzahlen: Wo stehen wir 2015? *SUS* 5/2012, 14-16.
- Baumgartner, J., Winckler, C., Quendler, E., Ofner, E., Zentner, E., Dolezal, M., Schmoll, F., Schwarz, C., Koller, M., Winkler, U., Laister, S., Fröhlich, M., Podiwinsky, C., Martetschläger, R., Schleicher, W., Ladinig, A., Rudorfer, B., Huber, G., Mösenbacher, I., Troxler, J., 2005. Beurteilung von serienmäßig hergestellten Abferkelbuchten in Bezug auf Verhalten, Gesundheit und biologische Leistung der Tiere sowie in Hinblick auf Arbeitszeitbedarf und Rechtskonformität. Schlussbericht. Datenbank für Forschung zur Nachhaltigen Entwicklung, Österreich.
- Damm, B. I., Forkman, B., Pedersen, L. J., 2005. Lying down and rolling behaviour in sows in relation to piglet crushing *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90, 3–20.
- de Passillé, A. M. B., Rushen, J., 1989. Using early suckling behavior and weight gain to identify piglets at risk. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 535-544.
- Deimel, I., Franz, A., Frentrup, M., von Meyer, M., Spiller, A., Theuvsen, L., 2010. Perspektiven für ein Europäisches Tierschutzlabel. Göttingen, Deutschland.
- Dyck, G. W., Swierstra, E. E., 1987. Causes of piglet death from birth to weaning. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 543-547.
- Edwards, S. A., Smith, W. J., Fordyce, C., MacMenemy, F., 1994. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outdoors. *Vet. Rec.* 135, 324-327.
- EU-Richtlinie, 2001. Richtlinie des Rates 2001/88/EG des Rates zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.
- EU-Richtlinie, 2008. Richtlinie des Rates 2008/120/EG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.
- Fehrendt, H., 2012. BZA Ferkelerzeugung, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Deutschland.

- Hellbrügge, B., Tölle, K. H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 1. Genetic analysis of piglet mortality and fertility traits in pigs. *Animal* 2 (9), 1273-1280.
- Hesse, D., 2012. Ferkelschutzkorb oder Freilaufbucht? *dlz primus schwein*, November 2012, 26-31.
- Kongsted, A.G., 2004. Stress and fear as possible mediators of reproduction problems in group housed sows: A review. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 54, 58-66.
- Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (ML Niedersachsen), 2012a. Tierproduktion in Niedersachsen 2011 – Institutionen, Tierbestände, Leistungen. Hannover, Deutschland.
- Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (ML Niedersachsen), 2012b. Ergänzungen zur Broschüre: Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2011 (Stand: Juli 2012). Hannover, Deutschland.
- Nielsen, N.-P., 2012. Group housing of sows under Danish conditions. *Group Housing Solutions Workshops in October 2012, Toowoomba and Melbourne, Australien.*
- Spandau, P., 2010. Arbeitszeiterhebungen in Ferkelerzeuger- und Schweinemastbetrieben. 62. Landwirtschaftliche Woche Nordhessen, Kassel, Deutschland.
- Spiller, A., Kayser, M., 2012. Tierwohl und moderne Tierhaltung – Akzeptanz in der Gesellschaft Ergebnisse einer aktuellen Verbraucherstudie, 5. Niedersächsisches Forum Gesundheitlicher Verbraucherschutz, Hannover, Deutschland.
- Spiller, A., 2012. Tierwohl im Spannungsfeld von Bürger- versus Konsumentenpräferenzen. In: BMELV (Hrsg.), 10 Jahre Staatsziel Tierschutz – Bilanz und Ausblick. Dokumentation. Symposium 24. Juli 2012, Bonn, Deutschland.
- Stukenborg, A., 2011. Investigations on agonistic behaviour in pigs kept under commercial farm conditions. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Deutschland.
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2006. Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung), neugefasst durch Bek. v. 22.8.2006, BGBl I S. 2043, die durch Artikel 4 der Verordnung vom 12. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4145) geändert worden ist.

- Turner, S. P., D'Eath, R. B., Roehe, R., Lawrence, A. B., 2010. Selection against aggressiveness in pigs at re-grouping: practical application and implications for long-term behavioural patterns. *Anim. Welf.* 19 (S), 123-132.
- Valros, A., 2003. Behaviour and physiology of lactating sows – associations with piglet performance and sow postweaning reproductive success. Dissertation. University of Helsinki, Finland.
- Weary, D. M., Pajor, E. A., Fraser, D., Honkanen, A. M., 1996. Sow body movements that crush piglets: a comparison between two types of farrowing accommodation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49, 149-158.

KAPITEL II

Literaturübersicht

Kapitel II: Literaturübersicht

2.1 Rechtliche Grundlagen in der Schweinehaltung

Die Umsetzung der EU-Richtlinie 2008/120/EG über die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen in nationales Recht in Form der Tierschutz-Nutztierverordnung erfolgte im August 2006. Die wichtigsten gesetzlichen Regelungen bzgl. der Sauenhaltung sind im Folgenden zusammengefasst (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2009):

Die Gruppenhaltung tragender Jungsauen und Sauen ist, mit Ausnahme von Kleinbetrieben mit weniger als zehn Sauen, ab dem 29. Trächtigkeitstag bis eine Woche vor dem errechneten Abferkeltermin vorgeschrieben. Diese Regelung galt EU-weit für Neubauten bereits ab dem 04.08.2006, für Altbauten war eine Übergangsfrist bis zum 31.12.2012 vorgesehen. Nach nationalen Recht sind tragende Sauen in den Niederlanden ab 2013 bereits ab dem vierten Trächtigkeitstag in Gruppen zu halten (Spoolder et al., 2009).

Den zumeist restriktiv gefütterten tragenden Sauen muss während ihrer Trächtigkeit bis eine Woche vor dem errechneten Abferkeltermin ein Alleinfuttermittel mit mindestens 8% Rohfaseranteil oder täglich 200 g Rohfaser angeboten werden, um das Kaubedürfnis zu befriedigen und zudem den Tieren ein Sättigungsgefühl zu verschaffen. Wasser muss den Tieren zu jeder Zeit in entsprechender Menge und Qualität angeboten werden. Bei größeren Sauengruppen muss bei der Verwendung von Selbsttränken für maximal 12 Tiere eine Tränkestelle vorhanden sein. Des Weiteren müssen geeignete (Schutz-)Maßnahmen ergriffen werden, um die auftretenden Aggressionen in den Gruppen auf ein Minimum zu beschränken und damit das Wohlergehen der Sauen zu verbessern.

Die gesetzlichen Anforderungen an die Haltung der Sauen im Abferkelbereich und im Deckzentrum beinhalten, dass die Tiere ungehindert aufstehen und sich ablegen können, sowie Kopf und Gliedmaßen während der Seitenlage ausgestreckt werden können. Der Liegebereich im Kastenstand darf nicht über Teilflächen hinaus perforiert sein und sollte möglichst den Charakter einer geschlossenen Fläche haben. Im Abferkelabteil darf der Liegebereich im Kastenstand aus hygienischen Gründen eine geringe Perforation auf-

weisen. Die Mindestgröße der nicht perforierten Fläche im Liegebereich des Kastenstandes liegt bei 0,65 m² pro Jungsau und 0,70 m² pro Altsau. Bei Neubauten muss die Größe einer Abferkelbucht mindestens 4 m² betragen. Außerdem müssen Schutzeinrichtungen gegen das Erdrücken der Ferkel vorhanden sein. In der Woche vor dem berechneten Abferkeltermin muss den Sauen ausreichend Stroh oder ein anderes geeignetes Material zur Befriedigung ihres Nestbauverhaltes zur Verfügung gestellt werden, soweit dies nach dem Stand der Technik mit der vorhandenen Anlage zur Kot- und Harnentsorgung vereinbar ist. Der „Tierschutzplan Niedersachsen“ des niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung sieht ab 2017 eine generelle Gabe von Nestbaumaterial für Sauen im Abferkelbereich vor (ML Niedersachsen, 2011).

Grundsätzlich gilt für die Schweinehaltung, dass Tiere in Einzelhaltung stets Sichtkontakt zu Artgenossen haben müssen. Außerdem müssen die einzeln gehaltenen Tiere so untergebracht sein, dass sie ungehindert aufstehen und sich mit ausgestrecktem Kopf und Gliedmaßen in Seitenlage hinlegen können. Schweineställe müssen mit einer geeigneten Vorrichtung versehen sein, die eine Verminderung der Wärmebelastung bei hohen Stalllufttemperaturen ermöglicht. Altbauten haben diese Anforderung bis 31.12.2012 zu erfüllen. Die Stalllüftung muss zudem gewährleisten, dass die Schadgaskonzentration innerhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte bleibt. Der Aufenthaltsbereich der Schweine muss tagsüber durchgehend für mindestens acht Stunden mit 80 Lux beleuchtet werden. Schweineställe, die ab dem 04.08.2006 in Benutzung genommen wurden, müssen im Übrigen eine Lichteinfallfläche von mindestens 3% der Stallgrundfläche aufweisen. Zur Förderung des Erkundungsverhaltens müssen Schweine jederzeit Zugang zu veränderbaren Beschäftigungsmaterial haben, welches gesundheitlich unbedenklich und frei von Rückständen sein sollte.

2.2 Haltungsverfahren für Sauen in unterschiedlichen Produktionsabschnitten

Im Folgenden werden praxisübliche Haltungsverfahren von Sauen in unterschiedlichen Produktionsabschnitten vorgestellt. Hierbei wird lediglich auf die Haltung im Abferkelstall

und Gruppenhaltungsverfahren von Sauen eingegangen, welche in den späteren Kapiteln eine Berücksichtigung finden.

2.2.1 Abferkelstall

Sauen werden etwa fünf bis sieben Tage vor dem berechneten Geburtstermin in die Buchten des Abferkelabteils eingestallt (Müller und Sonntag, 2012). Die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Abferkelung ist, neben einer möglichst hohen Anzahl lebend geborener vitaler Ferkel, eine optimale Haltungsumwelt für die Sauen und Ferkel zu schaffen. Das führende Verfahren ist die Haltung der ferkelnden bzw. laktierenden Sauen im Ferkelschutzkorb (Johnson und Marchant-Forde, 2009). Derzeit werden 98% der Sauen in Abferkelbereich fixiert (Müller und Sonntag, 2012). Es ist Stand der Technik, dass die Abferkelställe möglichst nach konsequentem Rein-Raus-Prinzip, mit dazwischen liegender Reinigung und Desinfektion, bewirtschaftet werden (Hoy, 2010).

Die in den Abferkelbuchten enthaltene Haltungstechnik sollte ein geringes Verletzungsrisiko für Sau und Ferkel darstellen und Bewegungsfreiheit für die Sau bieten (Hoy, 2010). Abferkelbuchten und insbesondere der darin vorhandene Ferkelschutzkorb müssen vom Stallpersonal leicht zu bedienen sein und für die Ausübung von Managementmaßnahmen sowie Geburtshilfe geeignet sein (Hoy, 2010). Ein zu kleiner Sauenstand führt zu einem limitierten Wohlbefinden der Sau und erhöht die Gefahr von Saugferkelverlusten. Zudem nimmt eine Sau, die nur mit Beeinträchtigung aufstehen und abliegen kann, weniger Futter und Wasser auf (Müller und Sonntag, 2012). Die Anzahl der Erdückungsverluste von Ferkeln soll minimiert werden, indem der Ferkelschutzkorb die Sau in ihrem Abliegeverhalten steuert (Weary et al., 1996; Edwards und Fraser, 1997).

Die Fläche einer Abferkelbucht sollte aufgrund der gestiegenen Ferkelzahlen mindestens 4,75 m² betragen (Müller und Sonntag, 2012). Der Kastenstand muss in Länge und Breite verstellbar sein. Die Breite des Standes sollte 60 bis 75 cm betragen, unter Beachtung der Körpermaße der Sau. Als Länge des Standes ab der hinteren Trogkante sind 160 bis 210 cm anzusetzen, dies ist wiederum abhängig von der Rahmigkeit der Sau. Der Sauenstand sollte eine Bodenfreiheit von 33 cm und bis zu sieben Abweiser pro Seite aufweisen, um den Ferkeln einen guten Zugang zum Gesäuge und dennoch Schutz zu gewährleisten (Jungbluth et al., 2005; Hoy, 2010). Zugleich sollte in der Abferkelbucht ausreichend Platz

für die Verabreichung von Prestarter und ggf. Milch für die Ferkel sein (Müller und Sonntag, 2012).

Die Abferkelbuchten werden in einem Kammstall zweireihig angeordnet, in einem breiteren Stall können sie auch mehrreihig angeordnet werden (Hoy, 2004). Die Anordnung der Buchten kann längs oder quer zum Gang erfolgen, die Sauenstände darin können gerade oder diagonal angeordnet werden.

Die thermischen Ansprüche von Sau und Ferkel unterscheiden sich stark (Curtis, 1983; Barnett et al., 2001). Der thermoneutrale Bereich der Sau befindet sich bei etwa 20°C (Svendsen und Svendsen, 1997). Eine entsprechende Anpassung der Temperatur im Abferkelabteil sorgt für eine gute Futteraufnahme und damit einhergehend hohe Milchleistung der Sau (Black et al., 1993; Biensen et al., 1996; Quiniou und Noblet, 1999). Die Ferkel hingegen benötigen in ihrem Ferkelnest in den Tagen nach der Geburt eine Temperatur von mindestens 30°C, welche langsam auf 24°C bis zum Absetzen gesenkt werden kann (Curtis, 1983; Close, 1992; Müller und Sonntag, 2012).

Den Sauen im Abferkelstall muss entsprechend geeignetes Beschäftigungsmaterial angeboten werden. Unter Berücksichtigung des Güllesystems kann dies z.B. in Form von Stroh oder Hanfmatten geschehen (Müller und Sonntag, 2012). Auf diese Weise wird arteigenen Verhaltensweisen, wie dem Nestbauverhalten, Rechnung getragen (Gustaffson et al., 1999; Wischner, 2009).

Bei den Abferkelbuchten ohne Fixierung kann zwischen zwei Systemen unterschieden werden. Zum einen gibt es Buchten, in denen die Sauen während der Geburtsphase fixiert werden (z.B. Völkenroder Bucht) und zum anderen Bewegungsbuchten ohne Fixierungsmöglichkeiten der Sau (z.B. Universalbucht, Schmidbucht) (Hoy et al., 2006). Hinsichtlich der Anzahl von Saugferkelverlusten in alternativen Haltungssystemen gibt es unterschiedliche Angaben. So konnte in einigen Studien die gleiche Anzahl an Saugferkelverlusten beobachtet werden, wie bei der fixierten Haltung der Sauen im Abferkelbereich (Weber et al., 2007; Wechsler und Weber, 2007), allerdings werden bei der Haltung in Bewegungsbuchten signifikant mehr Ferkel erdrückt (Weber et al., 2007; Verhovsek et al., 2007). In einer umfangreichen Untersuchung von Baumgartner et al. (2005) konnten mehr Saugferkelverluste in Bewegungsbuchten beobachtet werden. Baumgartner et al. (2005) konnten jedoch bei Sauen in Bewegungsbuchten tendenziell kürzere Geburten mit weniger Positionswechseln und signifikant weniger Verletzungen

feststellen, als bei Sauen, die in einem Ferkelschutzkorb gehalten wurden. Eine höhere Anzahl an Saugferkelverlusten in den ersten vier Tagen nach der Geburt bei der freien Haltung in Bewegungsbuchten fanden ebenfalls neuere Studien u.a. von Moustsen et al., 2013 und Hales et al., 2015.

In Schweden, Norwegen und der Schweiz sind Bewegungsbuchten bei laktierenden Sauen im Praxiseinsatz (Moustsen et al., 2013). In anderen europäischen Ländern wird zurzeit vermehrt an neuen Haltungssystemen für den Abferkelbereich geforscht. Ab 2033 müssen Abferkelbuchten in Österreich so konzipiert sein, dass sich Sauen darin umdrehen können und eine Mindestfläche von 5,5 m² aufweisen. Das Fixieren der Sauen, bis zum Ende der kritischen Lebensphase der Saugferkel, bleibt zum Schutz der Saugferkel vor dem Erdrücken in Österreich weiterhin erlaubt (Baumgartner, 2012).

2.2.2 Wartestall

Ab 2013 ist in den Ländern der EU nur noch die Gruppenhaltung tragender Sauen ab spätestens dem 29. Trächtigkeitstag bis eine Woche vor dem errechneten Abferkeltermin erlaubt (EU-Richtlinie 2008/120/EG). Die Vorzüge der Gruppenhaltung von tragenden Sauen sind die Bewegungsfreiheit mit entsprechenden Vorteilen für die Gesundheit und Kondition der Tiere, sowie die flexible Einordnung in vorhandene Gebäude und die geringen Kosten bei der Klimatisierung (Hoy et al., 2006).

Bei der Gruppenhaltung ist zu berücksichtigen, dass eine klare Strukturierung der Bucht in Liege- und Aktionsbereich mit getrennten Fress-, Tränk- und Kotplatz vorliegen sollte. Die Fütterung der Sauen sollte in Abhängigkeit der Körperkondition geschehen. Rankämpfe zwischen den Tieren sollten soweit wie möglich verhindert werden. Bei restriktiv gefütterten Sauen treten Rankämpfe in einer höheren Frequenz auf wie bei Tieren die ad libitum gefüttert werden (Van der Peet-Schwering et al., 2004; Ziron, 2010). Des Weiteren stellt die Umstellung auf die Gruppenhaltung Herausforderungen an die Managementfähigkeiten des Landwirts. Eine gute Bestandsübersicht und Tierkontrolle ist unerlässlich (Hoy, 2010).

Die Gruppenhaltungsverfahren im Wartebereich lassen sich, in Abhängigkeit von dem Fütterungssystem, in drei Gruppen einteilen (Hoy, 2010):

- rationierte gruppenindividuelle Fütterung der Sauen: Selbstfangstände (Einzelfressstände, Kipp-Fangfressstände oder Cafeteriasystem)
- Kleingruppe (Dribbel-Fütterung oder Quickfeeder), Flüssigfütterung, Automatenfütterung (Rohrbreiautomat oder Variomix)
- rationierte tierindividuelle Fütterung: Abruffütterung, Breinuckel, Fütterung am Kurztrug mit Einzelfressplätzen (trocken oder flüssig)
- ad-libitum Fütterung: Automatenfütterung (Breiautomat oder Trockenfutterautomat)

Bei der Gruppenhaltung von Sauen werden sowohl stabile als auch dynamische Gruppen verwendet (Tuyttens et al., 2011; Krauss und Hoy, 2011). Bei stabilen Gruppen verbleiben die Tiere während der Zeit im Wartestall in weitgehend gleich bleibender Gruppenzusammensetzung. Ein regelmäßiges Zu- bzw. Ausstallen der Tiere findet bei dynamischen Gruppen statt (Jungbluth et al., 2005). Zudem kann man zwischen der Haltung in Klein- und Großgruppen unterscheiden (Ziron, 2010).

Die Vorteile einer festen Gruppe liegen in der guten Übersicht über die Tiergruppe. Alle Tiere befinden sich im gleichen Trächtigkeitsstadium (Tuyttens et al., 2011; Krauss und Hoy, 2011) und eine stabile Rangordnung kann sich ausbilden, so dass agonistische Interaktionen auf einem geringen Niveau gehalten werden können. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Sauen nach Körperkondition in Gruppen einzuteilen. Bei der Haltung in stabilen Gruppen bedarf es eines nicht zu kleinen Tierbestands, um die Fütterungstechnik, vor allem wenn Abrufstationen eingesetzt sind, entsprechend auszulasten (Ziron, 2010). Eine entsprechende Strukturierung der Gruppenbuchten bei Kleingruppenhaltung gestaltet sich schwierig (Bauer et al., 2004).

Die Haltung von tragenden Sauen in dynamischen Gruppen hat zum Vorteil, dass eine optimale Strukturierung der Bucht möglich ist (Bauer et al., 2004). Nachteilig ist, dass Sauen unterschiedlicher Trächtigkeitsstadien zusammengestellt werden (Hoy et al., 2006). Bei der Haltung in dynamischen Gruppen werden regelmäßig Sauen in die Gruppe ein- bzw. ausgestallt, was zusätzliche Arbeit verursacht. Außerdem herrscht durch das Umstallen Unruhe und die Rangfolge muss regelmäßig neu gebildet werden, dies geht mit Stress und Aggressionen einher (Wiedmann, 2006; Boyle et al., 2012).

Der günstigste Zeitpunkt der Gruppenbildung ist unmittelbar nach dem Absetzen der Ferkel von den Sauen. Die Sauen sind zu dieser Zeit nicht tragend, so dass Rangordnungskämpfe keinen Einfluss auf die Trächtigkeit nehmen können. Eine weitere Möglichkeit der Integration von Sauen in die Gruppenhaltung ist zu Beginn der fünften Trächtigkeitswoche. Die Embryonen sind zu diesem Zeitpunkt mit der Schleimhaut der Gebärmutter verbunden, so dass sich der Stress und physische Auseinandersetzungen zwischen den Tieren nicht dramatisch auf Embryonen und Sau auswirken (Hoy, 2010).

2.3 Verhalten

Die meisten Menschen haben eine klare Vorstellung von dem Begriff „Verhalten“, dennoch fällt es schwer diesen Begriff präzise zu definieren. Während der letzten Jahre hat sich ein großes wissenschaftliches Interesse an den individuellen Verhaltensunterschieden von Tieren entwickelt (Rèale et al., 2007; Sih und Bell, 2008).

Das Verhalten von Tieren reflektiert eine komplexe Reihe von zugrunde liegenden genetischen und physiologischen Prozessen endokrinen und neurobiologischen Ursprungs (Valros und Hänninen, 2009), sowie externen Faktoren (Naguib, 2006). Verhalten ist die Gesamtheit der beobachtbaren Bewegungen, Lautäußerungen und Körperstellungen eines Lebewesens (Danzer, 1994). Verhaltensmerkmale werden von einer Wechselwirkung zwischen den Genen und der Umwelt bestimmt (von Borell, 2009). Price (2008) charakterisiert Verhalten als Antwort auf Veränderungen der inneren und bzw. oder äußeren Umwelt des Tieres. Solche Veränderungen werden als Stimulus bezeichnet. Verhalten beruht auf der Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Informationsabgabe (von Borell, 2009). Verhalten bezieht sich laut Kappeler (2011) auf die Kontrolle und Ausübung von Bewegungen oder Signalen, mit denen ein Organismus mit anderen Artgenossen oder anderen Komponenten seiner belebten und unbelebten Umwelt interagiert. Nach Tinbergen (1963) gibt es vier logisch trennbare Ebenen zur Beschreibung und Analyse des Verhaltens. Die Fragen beziehen sich erstens auf die Mechanismen die das Verhalten auslösen, zweitens auf die Ontogenese des Verhaltens, also wie sich das Verhalten im Verlauf der Individualentwicklung zeigt und verändert,

drittens auf die Funktion des Verhaltens, sowie viertens auf den phylogenetischen Ursprung des Verhaltens.

2.3.1 Genetik des Verhaltens

Innerhalb einer Population bestehen individuelle Unterschiede im Verhalten zwischen den Tieren, diese sind stabil hinsichtlich Zeit und Situation (Sih et al., 2004; Naguib, 2006; D'Eath et al., 2009). Dies wird als Verhalten des Tieres, Persönlichkeit oder Verhaltenssyndrom bezeichnet (Sih et al., 2004; Réale et al., 2007). Selbst Tiere ein und desselben Genotyps können sich in ihrer Reaktion unterscheiden, basierend auf unterschiedlicher Erfahrung (Lyons et al., 1988). Auch Erfahrungen während der Entwicklung sind von Bedeutung (D'Eath und Lawrence, 2004; D'Eath, 2005), solche Verhaltensmerkmale scheinen unter partieller genetischer Kontrolle zu stehen (van Oers et al., 2005; Réale et al., 2007). Die Reaktion eines Individuums auf einen bestimmten Stimulus kann sich zu verschiedenen Zeitpunkten unterscheiden. Als mögliche Einflussfaktoren auf die Reaktion eines Tieres kann man drei Haupteinflussfaktoren anführen. Zum einen hat die Motivation eines Tieres (z.B. Hunger und Durst) einen großen Effekt, zum anderen hat der Kontext in dem der Reiz auftritt einen Einfluss auf die Reaktion des Tieres. Außerdem kann auch das Lernen bzw. die Erfahrung das Verhalten eines Tieres beeinflussen (Price, 2008; Mason und Bateson, 2009).

Gene können das Verhalten qualitativ und quantitativ beeinflussen. Quantitativ in der Form, dass Gene die Anatomie der Tiere bestimmen und somit die Bewegungsmuster beeinflussen, die einen Effekt auf das Verhalten haben. Behornete Tiere werden im Kampf ihre Hörner benutzen, während Tiere, die keine Hörner haben, eher beißen und treten (Price, 2008). Die Individualdistanz zwischen unbehorneten Rindern, die weniger gefährlich für einander sind, liegt bei bis zu 50 cm (Sambraus, 1978). Behornete Tiere hingegen halten in der Regel einen Abstand von bis zu zwei Metern (Bogner und Grauvogel, 1984). Qualitativ beeinflussen die Gene das Verhalten in Form der Festlegung der Reizschwelle, ab der ein bestimmtes Verhalten ausgebildet wird. So attackieren Tiere mit niedriger Reizschwelle schon bei einem geringen Stimulus ihr Gegenüber (Price, 2008).

Die Domestikation der Tiere brachte eine Reihe von Veränderungen mit sich. Domestizierte Tiere sind vor natürlichen Feinden geschützt und ihnen steht ausreichend

Wasser und Nahrung in einem beschränkten Lebensraum zur Verfügung (Price, 2008). Domestizierte Tiere haben ein kleineres Gehirn, sind fruchtbarer, haben ein schnelleres Wachstum und eine höhere soziale Motivation (Röhrs und Kruska, 1969; Jensen und Andersson, 2005). Die meisten Verhaltenselemente bei Schweinen haben sich durch die Domestikation nicht signifikant verändert. Zahlreiche Studien an Hausschweinen unter semi-natürlichen Bedingungen zeigen, dass sich arteigenes Verhalten und soziale Organisation erstaunlich wenig verändert haben (u.a. Stolba und Wood-Gush, 1984; Newberry und Wood-Gush, 1986; Jensen und Recén, 1989). So konnten Spinka et al. (2000) keine signifikanten Unterschiede in der Mütterlichkeit bei domestizierten Schweinen und wilden Artgenossen feststellen. Domestizierte Tiere zeigten sich weniger ängstlich gegenüber Menschen sowie unbekanntem Objekten und sind gegenüber Artgenossen weniger aggressiv (Jensen und Andersson, 2005; Spinka, 2009).

2.3.2 Verhaltensweisen beim Schwein

Die einzelnen Funktionskreise des Verhaltens bilden gemeinsam das Ethogramm (Buchenauer, 1998). Kappeler (2011) beschreibt ein Ethogramm als Katalog mit Beschreibungen der diskreten arttypischen Verhaltenskategorien, die das grundlegende Verhaltensrepertoire ausmachen. Verschiedene Verhaltensweisen, die einer gemeinsamen Lebensfunktion dienen, wie z.B. der Nahrungsaufnahme, werden in einem Funktionskreis erfasst. Die schematische Einteilung in Funktionskreise bewirkt eine gute Anschaulichkeit (Hartung, 2001), dennoch darf man nicht übersehen, dass es einzelne Verhaltensweisen gibt, die mehreren Funktionskreisen zuordnen sind, bzw. dass einzelne Funktionskreise sich überschneiden (Hörning, 1992; Hartung, 2001). So sind z.B. die Verhaltensweisen der Umgebungserkundung, der Nahrungsaufnahme und der Fortbewegung eng miteinander verbunden und eine Differenzierung ist häufig nicht möglich (Hörning, 1992).

Das Verhalten von Schweinen lässt sich im Wesentlichen in Anlehnung an Zeeb (1974), van Putten (1978), Sambras (1978), Schlichting und Smidt (1989), Zeeb (1990), Hörning (1992), sowie von Borell et al. (2012) in folgende neun Funktionskreise unterteilen:

- Ruheverhalten
- Ausscheidungsverhalten
- Ernährungsverhalten
- Fortpflanzungsverhalten und Mutter-Kind-Verhalten
- Komfortverhalten
- Fortbewegungsverhalten
- Sozialverhalten
- Erkundungsverhalten
- Spielverhalten

Im Folgenden wird nur auf die Funktionskreise eingegangen, die mit den in der eigenen Arbeit erfassten Verhaltensparametern in engeren Zusammenhang stehen.

Sozialverhalten von Schweinen

Unter Sozialverhalten versteht man alle Verhaltensweisen an welchen zwei oder mehr Tiere beteiligt sind (Immelmann, 1982). Zu sozialem Verhalten gehört daher das Sexualverhalten, das Verhalten in der Gruppe, die sozialen Eltern-Nachkommen-Interaktionen und das Spielverhalten (Puppe, 2008; Marchant-Forde, 2010). In diesem Kapitel wird sich auf Verhaltensweisen beschränkt, die mit der Bildung und Aufrechterhaltung einer sozialen Rangordnung in Verbindung stehen.

Schweine sind soziale Tiere (Marchant-Forde, 2010), die, sofern es möglich ist, in Rotten zusammenleben. Diese Rotten setzen sich häufig aus zwei bis vier eng verwandten weiblichen Tieren und dem Nachwuchs aus dem aktuellen und vergangenen Jahr zusammen (Mauget, 1981; Graves, 1984; Gabor et al., 1999; Kaminski et al., 2005). Ausgewachsene männliche Tiere können ein Teil der Rotte sein, aber zumeist leben sie alleine oder in sogenannten Junggesellengruppen (Hulsen und Scheepens, 2005). Während der Paarungszeit schließen sich die Eber den Rotten an (Spinka, 2009). Die Rottengröße wird beeinflusst von dem Standort und dem zur Verfügung stehenden Nahrungsangebot.

Der Lebensraum einer Rotte kann sich auf 100 bis 500 ha erstrecken (Wood und Brenneman, 1980). In der Literatur kann man jedoch auch Werte für die Reviergröße von Wildschweinen von bis zu 6 000 ha finden (Janeau und Spitz, 1984), auch wenn sich die Rotte innerhalb von 24 Stunden gerade einmal auf einem Prozent dieser Fläche aufhält (Marchant-Forde, 2010). Die Reviere einzelner Rotten können sich überschneiden, eine offene Konfrontation zwischen den Rotten wird aktiv vermieden (Meynhardt, 1990; Gabor et al., 1999). Aggressive Interaktionen zwischen den Mitgliedern einer Rotte sind sehr selten. Dort herrscht eine klare lineare Rangordnung, die relativ stabil ist. Die Position in der Rangordnung ist abhängig vom Alter und Gewicht, wobei in der Regel die älteste Bache die Führung übernimmt (Mauget, 1981; Briedermann, 2009).

Das Leben in einer sozialen Gruppe bringt einige Vorteile mit sich. Die Gefahr Opfer eines Raubtieres zu werden wird verringert, der Erfolg bei der Nahrungssuche wird verbessert, was u.a. zur Folge hat, dass die Tiere eine höhere Aufzuchtleistung vorweisen. Die Schweine können zudem von den Erfahrungen der anderen Gruppenmitglieder profitieren, die Wahrscheinlichkeit einer Paarung wird erhöht und die Thermoregulation, v.a. im Winter, wird durch die Gruppe unterstützt. Allerdings bringt das Leben in einer Gruppe auch einige Nachteile für die Tiere mit sich. Es können gruppeninterne Kämpfe um limitierte Ressourcen stattfinden und die Gefahr von Krankheiten und Seuchen ist erhöht (Mendl und Held, 2001; Weary und Fraser, 2009).

Zahlreiche Studien zeigen, dass auch in Gruppen von Hausschweinen eine sozial-hierarchische Rangordnung herrscht und dies dem Zusammenleben innerhalb der Tiergruppe dient (van Putten, 1978; Puppe, 1996; D'Eath und Turner, 2009). In der praktischen Schweinehaltung gibt es eine Reihe von Abschnitten (z.B. das Absetzen von Ferkeln oder das Umstallen von Sauen), die mit einem Wechsel der Haltungsumwelt und der Neugruppierung bzw. Integration von neuen Gruppenmitgliedern einhergeht. Dies kann mit einer erhöhten Anzahl agonistischer Auseinandersetzungen, im Rahmen der Etablierung einer neuen Rangordnung, einhergehen (Puppe, 1996, Puppe, 2008).

Agonistisches Verhalten und Aggression

Verhalten, welches in Beziehung mit Konflikt und Auseinandersetzung zwischen zwei oder mehr Artgenossen steht, kann häufig beobachtet werden (Price, 2008).

Der Begriff „agonistisch“ wurde von Scott (1958) kreiert, abzuleiten aus dem entsprechenden griechischen Wort, welches soviel wie „kämpfen“ bedeutet.

Agonistisches Verhalten wird als Oberbegriff für alle im Zusammenhang mit kämpferischen Auseinandersetzungen stehenden Verhaltensweisen zwischen Tieren benutzt und wird auch häufig als Synonym für aggressives und submissives Verhalten verwandt (Immelmann, 1982; Langbein und Puppe, 2004). Agonistische Interaktionen zwischen Tieren können die Gewichtszunahme der Tiere beeinflussen, ebenso wie die Fleischqualität, die Klassifizierung des Schlachtkörpers und die Mütterlichkeit (Rundgren und Löfqvist, 1989; Tan et al., 1991; Løvendahl et al., 2005; D'Éath et al., 2010; Turner et al., 2010). Des Weiteren erhöhen agonistische Interaktionen die Gefahr von Infektionen, führen zu einer reduzierten Immunität und einer erhöhten Gefahr der Übertragung von Krankheiten (Muirhead, 1983; Morrow-Tesch et al., 1994). Laut Velarde (2007) sind Aggressionen bei Schweinen ein arttypisches Verhaltensinventar. Aggressives Verhalten von domestizierten Schweinen ist qualitativ dasselbe Verhalten wie bei Wildschweinen, quantitativ gesehen kämpfen domestizierte Tiere länger und unnachsichtiger (Stolba, 1988).

Unter einer agonistischen Interaktion ist nach Langbein und Puppe (2004) ein Kampf zwischen zwei Tieren oder die Verdrängung eines Tieres zu verstehen. Eine Verdrängung beinhaltet einen körperlichen Kontakt zwischen Tieren, sowie das aggressive Verhalten eines Tieres, auf die das Gegenüber häufig unterwürfig (Tuchscherer et al., 1998; Langbein und Puppe, 2004; Turner et al., 2008) reagiert. Bei Kämpfen handelt es sich um eine körperliche Auseinandersetzung zwischen mindestens zwei Tieren (Puppe, 1998; Turner et al., 2009). Bei Schweinen gibt es verschiedene Kampfformen, man unterscheidet zwischen einem Frontkampf, Schlagen mit dem Kopf, Lateralkampf, Unterlaufen bzw. Aushebeln, sowie Beißen (Stolba und Wood-Gush, 1984; Gonyou, 2001; Hoy, 2009; Spinka, 2009). Das Ende eines Kampfes ist erreicht, wenn beide Gegner erschöpft sind oder das unterlegene Tier flieht (Fraser, 1978; von Zerboni und Grauvogl, 1984).

Aggressionen treten bei domestizierten Schweinen hauptsächlich in folgenden Situationen auf: bei der Fütterung, wenn ein zu geringes Tier-Fressplatz-Verhältnis bzw. eine kurze

Fütterungsphase besteht; wenn den Tieren wenig Platz zur Verfügung steht; wenn unbekannte Tiere zusammengestellt werden bzw. neue Tiere in eine Gruppe integriert werden, in dessen Folge sich eine neue Rangordnung ausbilden muss; sowie zur Neugeborenenverteidigung gegenüber Stallpersonal (Ewbank, 1976; von Zerboni und Grauvogl, 1984; Løvendahl et al., 2005; Broom und Fraser, 2007; Spinka, 2009; Marchant-Forde, 2010).

Die erste soziale Rangordnung bei Schweinen wird bereits innerhalb der ersten Lebensstage als Saugordnung ausgebildet. In der Zeit der Ausbildung einer Saugordnung zeigen sich zum Teil heftige Kämpfe begleitet von der Geschwisterkonkurrenz um die Ressource Zitze bzw. Milch (Hartsock et al., 1977; Fraser und Thompson, 1991). Die kranialen Zitzenpaare werden von den Ferkeln bevorzugt, dies haben z.B. Studien von Rosillon-Warnier und Paquay, 1984; Newberry und Wood-Gush, 1985; de Passillé et al., 1988 sowie Puppe und Tuchscherer, 1999 ergeben. Die kranialen Zitzenpaare sind mit einer besseren Gewichtsentwicklung und einer besseren sozialen Stellung verknüpft (Rosillon-Warnier und Paquay, 1984; Puppe und Tuchscherer, 1999). Die meisten Verletzungen innerhalb dieser Zeit resultieren nicht aus unkoordiniertem Verdrängen eines anderen Ferkels von der Zitze, sondern durch mutwillige Bisse der Ferkel mit ihren spitzen Zähnen (Haupt, 2011).

Der feste Saugplatz, v.a. für die stärksten Ferkel, steht bereits innerhalb der ersten drei Lebensstage fest (Wyeth und McBride, 1964; van Putten, 1978; Sambras, 1991). In einem Zeitraum von fünf bis zehn Lebensstagen bildet sich eine feste Saugordnung aus (De Passillé et al., 1988; Peitz und Peitz, 1993; Braun und de Baey-Ernsten, 1996; Schlichting, 1996; Puppe und Tuchscherer, 1999), diese bleibt in der Regel bis zum Absetzen stabil (De Passillé et al., 1988).

Bei einer stabilen Saugordnung innerhalb eines Wurfes kommt es nur sehr selten zu Störungen des Sau-Wurf-Gefüges (van Putten, 1978). Die Stabilität der Saugordnung eines Wurfes ist abhängig von der Wurfgröße (Rosillon-Warnier und Paquay, 1984). Die Untersuchungen der Autoren ergaben, dass die Ausbildung einer Saugordnung in größeren Würfen mehr Zeit in Anspruch nimmt und weniger stabil ist, wie in kleineren Würfen. De Passillé et al. (1988) konnten diese Ergebnisse anhand ihrer Versuche bestätigen. Soziale sowie temporale und lokale Faktoren bestimmen die externe Organisation des Saugverhaltens der Ferkel. Zu den sozialen Faktoren zählen die Interaktionen der Ferkel eines Wurfes untereinander und zur Mutter. Die Häufigkeit und bzw. oder die Dauer der

Saugakte pro Tag, der bevorzugte Ort am Gesäuge, sowie die Stabilität der Benutzung einer Zitze zählen zu den temporalen und lokalen Faktoren, die das Saugverhalten der Ferkel bestimmen (Puppe, 2002).

Auseinandersetzungen zwischen adulten Schweinen können schwerwiegende Folgen haben (Fraser, 1978). Das Kampfverhalten von Jungtieren und Sauen gleicht dem von Ebern, ist jedoch in der Regel nicht so stark ausgeprägt (van Putten, 1978). Ein hohes Aggressionsniveau kann während der ersten 24 Stunden nach dem Zusammenstallen von tragenden Sauen in dynamischen Gruppen beobachtet werden (Ewbank und Meese, 1971; Hunter et al., 1989).

Erhöhte Werte der Kortisol- und Katecholaminkonzentration bei Tieren sind die endokrine Antwort auf Stress (Mormede et al., 1990; Turner et al., 2002). Das Zusammenstallen von einander unbekanntem Tieren führt zu einem erhöhten Kortisol-Spiegel der Tiere (Parrott und Misson, 1989; Otten et al., 2002; Anil et al., 2006) und zur stressbedingten Aktivierung des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Systems (von Borell, 2001; Salak-Johnson und McGlone, 2007). Die Messung der Plasma-Kortisol-Konzentration gestaltet sich relativ einfach (Turner et al., 2002). Folgerichtig kann die Plasmakortisolkonzentration zur Beurteilung von akuten und chronischen Stress, sowie dem Wohlbefinden der Tiere genutzt werden. Die Aktivierung des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Systems hat eine Reihe von physiopathologischen Folgen. Auf der einen Seite hat eine hohe Kortisolkonzentration einen negativen Effekt auf das Wachstum und die Futtermittelverwertung, zudem besteht ein negativer Zusammenhang mit dem Muskelfleischanteil (Hennessy et al., 1988; McGlone et al., 1993; Foury et al., 2005; Foury et al., 2007; Coutellier et al., 2007). Auf der anderen Seite scheint Kortisol einen positiven Effekt auf Merkmale zu haben, die mit Robustheit und Adaption in Zusammenhang stehen, wie z.B. Resistenzen gegenüber Parasiten und Bakterien, sowie Hitzetoleranz (Michel et al., 2007; Salak-Johnson und McGlone, 2007).

Bei einer neu zusammengesetzten Gruppe bildet sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums eine stabile Rangordnung aus, welche einen großen Einfluss auf das Verhalten der Schweine in der Gruppe hat. Zu der Dauer, welche die Ausbildung einer stabilen Rangordnung in Anspruch nimmt, gibt es unterschiedliche Literaturangaben. Einige Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass sich eine lineare Rangordnung innerhalb der ersten drei Tage nach dem Zusammenstallen ausbildet, bzw. das in dieser Zeit die

Mehrheit der agonistischen Interaktionen ausgetragen wird (Tsuma et al., 1996; Oldigs et al., 1992; Arey und Franklin, 1995; Bauer, 2005; Fels, 2008; Borberg, 2008). Die Ausbildung einer stabilen Rangordnung bildet sich laut van Putten und van de Burgwal (1990) innerhalb von zehn Tagen aus. Andere Studien geben an, dass die vollkommene Integration von Subgruppen und die Ausbildung einer sozialen Rangordnung mindestens zwei bis drei Wochen in Anspruch nimmt (Moore et al., 1993; Spooler et al., 1996; Anil et al., 2006). Die Ausbildung einer Rangordnung ist ein fortschreitender Prozess und kann durch den Kampf um Ressourcen beeinflusst werden (Arey und Edwards, 1998; Arey, 1999).

Mütterliches Verhalten/Mutter-Kind-Verhalten

Ein gutes mütterliches Verhalten ist essentiell für eine gute Überlebensrate und Wachstum der Nachkommen. Wichtige Elemente von mütterlichen Verhalten sind eine enge Mutter-Nachkommen-Beziehung, Säugeverhalten, Aufmerksamkeit und Verantwortung gegenüber den Neugeborenen, sowie Schutz der Nachkommen gegenüber Eindringlingen (Grandinson, 2005).

Die Mehrheit der Sauen wird während ihrer Zeit im Abferkelstall in Ferkelschutzkörben gehalten um die Saugferkelverluste möglichst gering zu halten (Johnson und Marchant-Forde, 2009; Müller und Sonntag, 2012). Im Vergleich zu alternativen Haltungssystemen von laktierenden Sauen, ist die Bewegungsfreiheit der Sau während der Geburt und anschließenden Laktation eingeschränkt, um Ferkel vor einem möglichen Erdrücken zu schützen (Robertson et al., 1966; Edwards und Fraser, 1997). Typische Verhaltensweisen von Sauen, wie die erhöhte Aktivität ein bis zwei Tage vor dem Abferkeln (Jensen, 1986), werden durch die fixierte Haltung der Sauen im Abferkelabteil beschränkt.

Ein bedeutendes Verhaltensmerkmal von mütterlichem Verhalten beim Schwein ist das Nestbauverhalten. Nestbauverhalten bei der Sau tritt innerhalb der letzten 24 Stunden vor der Geburt auf und verstärkt sich in dem Zeitraum zwölf bis sechs Stunden vor dem Abferkeln (Vestergaard und Hansen, 1984; Jensen, 1989; Cronin et al., 1994; Haskell und Hutson, 1994; Algers und Uvnäs-Moberg, 2007). Das Nestbauverhalten kann in zwei Phasen eingeteilt werden. Zum einen in die einleitende Phase, in der die Sau den Boden durchwühlt und ein Loch gräbt. In der zweiten Phase sammelt die Sau Äste, Zweige und anderes organisches Material und legt damit das Nest aus (Gundlach, 1968; Jensen, 1993;

Mayer et al., 2002). Sauen in Ferkelschutzkorb zeigen Nestbauverhalten ausschließlich in Form von Scharren auf dem Boden. Die Unruhe der Sauen im Ferkelschutzkorb, welche in den letzten 48 Stunden vor der Geburt zunimmt, kann mögliche Versuche eines Nestbauverhaltens darstellen (Haupt, 2011). Sauen, denen kein geeignetes Nestbaumaterial zu Verfügung steht, setzen ihre Nestbauversuche auch nach dem Geburtsbeginn fort (Spinka, 2009). Nestbauverhalten wird von endogenen Faktoren, wie Prostaglandin (PGF 2α) und Prolactin ausgelöst, welche das Wühlen und Graben der Sauen stimulieren, sowie Stimuli aus der Umwelt, wie z.B. Nestbaumaterial, die notwendig sind, damit die Tiere scharren, Material sammeln und ein Nest bauen können (Haupt, 2011).

Der Großteil der Geburten findet am Nachmittag oder in der Nacht statt (Petersen et al., 1990; van Rens und van der Lende, 2004). Nach dem Einsetzen der Wehen legen sich die meisten Sauen auf die Seite (Spinka, 2009). Die Sau wedelt während der Wehen heftig mit ihrem Schwanz (Haupt, 2011). Die Angaben zur Geburtsdauer bei Sauen variieren stark. So geben van Dijk et al. (2005) eine Dauer von 26 und 505 Minuten an. Bei Fischer et al. (2005) variierten die Geburtszeiten von zwei bis sieben Stunden. Van Dijk et al. (2005) konnten für Reinzuchtsauen der Linie Large White eine mittlere Dauer von der Geburt des ersten bis zur Geburt des letzten Ferkels von 135,9 Minuten beobachten und für Niederländische Landrasse Sauen von 245,8 Minuten. Die Geburtsdauer ist abhängig von der Wurfgröße (van Rens und van der Lende, 2004; Fischer et al., 2005) und wird von der individuellen Kondition der Sau sowie dem Management beeinflusst (Fischer et al., 2005). Das Geburtsintervall zwischen den einzelnen Ferkeln beträgt laut den Untersuchungen von Fischer et al. (2005) 21 Minuten. Van Dijk et al. (2005) konnten bei Sauen der Linie Large White ein Geburtsintervall von 12,7 Minuten beobachten, sowie 21,2 Minuten bei Sauen der Linie Niederländische Landrasse. Ein kürzeres Geburtsintervall zwischen den einzelnen Ferkeln konnten Pedersen und Jensen (2008) bei Jungsauen im Vergleich zu Altsauen feststellen. Es wird angenommen, dass die Abgabe von Oxytocin eine entscheidende Bedeutung für eine effektive Uteruskontraktion und damit einen raschen Geburtsverlauf hat (z. B. Taverne et al., 1979; Lawrence et al., 1997; Gilbert et al., 1997). Nichtsdestotrotz steht der Gebrauch von Oxytocin in Zusammenhang mit einer erhöhten Anzahl von totgeborenen Ferkeln, einer erhöhten Frequenz an durchtrennten Nabelschnüren bei geborenen Ferkeln und einen vermehrten Bedarf an Geburtshilfe (Taverne, 2008).

Der erste Milchfluß bei der Sau kann bereits vor der Geburt des ersten Ferkels geschehen (Algers und Uvnäs-Moberg, 2007). Damit steht den Ferkeln unmittelbar nach der Geburt Milch zur Verfügung (Drake et al., 2008). Innerhalb der ersten Tage nach der Geburt entwickelt sich ein synchronisiertes Säugeverhalten. Die Säugeakte finden in einem Rhythmus von 45 bis 80 Minuten statt, abhängig vom dem Stadium der Laktation (Jensen et al., 1991; Spinka et al., 1997; Valros et al., 2002; Drake et al., 2008; Wallenbeck et al., 2008). Säugeakte können sowohl von der Sau als auch den Ferkeln initiiert werden (Bøe, 1991; Jensen et al., 1991; Houpt, 2011). Der Milchfluss einer Sau geschieht niemals ohne eine vorhergegangene Stimulation des Gesäuges durch die Ferkel (Ellendorff et al., 1982). Jeder Säugeakt beginnt mit einer ein- bis zwei-minütigen Eutermassage der Ferkel, dies löst die Freisetzung von Oxytocin aus, welches den Milchfluß veranlasst (Whittemore und Fraser, 1974; Ellendorff et al., 1982; Jensen et al., 1991). Der tatsächliche Milchfluß innerhalb eines Säugeaktes ist sehr kurz, da das Gesäuge der Sau keine Milchzisternen aufweist (Fraser, 1980; Spinka, 2009). Im Anschluss an den Säugeakt massieren die Ferkel das Gesäuge weiter. Die Dauer ist abhängig davon ob die Ferkel den Säugeakt selbst beendet haben (Jensen et al., 1998) und vom Alter der Ferkel (Horrell, 1997). Torrey und Widowski (2007) beobachteten, dass Ferkel, die das Euter nach dem Säugeakt massierten, langsamer wuchsen wie die Tiere die dieses Verhalten nicht zeigten. Mit diesen Ergebnissen belegen die Autoren die These, dass die Massage des Euters nach dem Milchfluss repräsentativ für das Nahrungsbedürfnis der Tiere ist.

Während der Laktation sind Sauen und Ferkel auf einen beschränkten Raum untergebracht. Trotz der Unterbringung der Sau in einen Ferkelschutzkorb besteht das Risiko, dass sich selbst vorsichtige Sauen auf ein Ferkel legen. Das Risiko, dass ein Ferkel von der Sau erdrückt wird, steigt mit der Zeit, in der die Sau auf dem Ferkel liegt (Weary et al., 1996). Eine aufmerksame und vorsichtige Sau, die auf die taktilen und akustischen Stimuli des unter ihr liegenden Ferkels reagiert und aufsteht, ist wichtig, damit das Ferkel gerettet werden kann. Zwischen Sauen bestehen große individuelle Unterschiede in der Reaktion auf Ferkelschreie und andere Stimuli (Cronin und Cropley, 1991; Hutson et al., 1991; Wechsler und Hegglin, 1997; Grandinson et al., 2003; Andersen et al., 2005; Hellbrügge, 2007). Es konnte keine Beziehung zwischen der Reaktion auf ein schreiendes Ferkel und den Saugferkelverlusten in den ersten Lebenstagen (Grandinson et al., 2003) bzw. der Überlebensrate der Ferkel (Hellbrügge et al., 2008) gefunden werden. In einer Studie von

Andersen et al. (2005) schienen jedoch Sauen, die keine Ferkel innerhalb der ersten vier Tage erdrückt hatten, stärker auf schreiende Ferkel zu reagieren.

Aggressives Verhalten der Sauen gegenüber Stallmitarbeitern wird häufig in Verbindung mit einem guten mütterlichen Verhalten gebracht. In Studien konnte kein Zusammenhang zwischen aggressivem Verhalten und der Überlebensrate von Ferkeln gefunden werden (Marchant, 1998; Forde, 2002).

2.4 Literaturverzeichnis

- Algers, B., Uvnäs-Moberg, K., 2007. Maternal behavior in pigs. *Hormones and Behavior*, 52(1), 78-85.
- Andersen, I. L., Berg, S., Bøe, K. E., 2005. Crushing of piglets by the mother sow (*Sus scrofa*) purely accidental or a poor mother? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 229-243.
- Anil, L., Anil, S. S., Deen, J., Baidoo, S. K., 2006. Cortisol, behavioral responses, and injury scores of sows housed in gestation stalls. *J. Swine Health Prod.* 14(4), 196-201.
- Arey, D. S., Franklin, M. F., 1995. Effects of straw and unfamiliarity in fighting between newly mixed growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45, 23-30.
- Arey, D. S., Edwards, S. A., 1998. Factors influencing aggression between sows after mixing and the consequences for welfare and production. *Livest. Prod. Sci.* 56, 61-70.
- Arey, D. S., 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62, 199-207.
- Barnett, J. L., Hemsforth, P. H., Cronin, G. M., Jongman, E. C., Hutson, G. D., 2001. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Aust. J. Agric. Res.*, 52, 1-28.
- Bauer, J., 2005. Untersuchungen zur Gruppenbildung von Sauen unter Verhaltens-, Gesundheits- und Leistungsaspekten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Deutschland.
- Bauer, J., Feller, B., Hoy, S., 2004. DLG-Merkblatt 335. Gruppenbildung bei Sauen. DLG e.V. (Hrsg.), Frankfurt/M., Deutschland.

- Baumgartner, J., Verhovsek, D., Troxler, J., 2005. Verhalten, haltungsbedingte Schäden und biologische Leistungen von Sauen in drei Typen von Abferkelbuchten. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift 441, pp. 265-273, Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.
- Baumgartner, J., 2012. How the transition to free farrowing systems should work. EAAP 2012, Session 47, Bratislava, Slowakei.
- Biensen, N. J., von Borrell, E. H., Ford, S. P., 1996. Effects of space allocation and temperature on periparturient maternal behaviors, steroid concentrations, and piglet growth rates. *J. Anim. Sci.* 74, 2641-2648.
- Black, J. L., Mullan, B. P., Lorsch, M. L., Giles, L. R., 1993. Lactation in the sow during heat stress. *Livest. Prod. Sci.* 35, 153-170.
- Bøe, K. 1991. The process of weaning in pigs: when the sow decides. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 47-59.
- Bogner, H., Grauvogl, A., 1984. Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Borberg, A. C., 2008. Analyse der agonistischen Interaktionen bei der Gruppierung von Sauen mit oder ohne Eber. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen, Deutschland.
- Boyle, L., Carrol, C., McCutcheon, G., Clarke, G., McKeon, M., Lawlor, P., Ryan, T., Ryan, T., Fitzgerald, T., Quinn, A., Calderon, A., Calderon, J. C., Teixeira, D. L., 2012. Towards January 2013. Updates, implications and options for group housing pregnant sows. Teagasc Pig Development Department, Cork, Irland.
- Braun, S., De Baey-Ernsten, H., 1996. Gruppenhaltung ferkelführender Sauen, *Landtechnik* 51 (2), 102-103.
- Briedermann, L., 2009. Schwarzwild. Franck-Kosmos-Verlag. Stuttgart. Deutschland.
- Broom, D. M., Fraser, A. F., 2007. *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. 4th ed. CAB International. Wallingford. UK.
- Buchenauer, D., 1998. Biologische Grundlagen des Verhaltens. In: Van der Weghe, S. (Ed.), *Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen*. KTBL - Schrift 377, pp. 12 - 30, Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.

- Close, W. H., 1992. Thermoregulation in piglets: environmental and metabolic consequences. Occasional Publication of British Society Animal Production. Midlothian, Scotland, 15, 25-33.
- Coutellier, L., Arnould, C., Boissy, A., Orgeur, P., Prunier, A., Veissier, I., Meunier- Salaun, M. C., 2007. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 102-115.
- Cronin, G. M., Copley, J. A., 1991. The effect of piglet stimuli on the posture changing behaviour of recently farrowed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 167-172.
- Cronin, G. M., Smith, J. A., Hodge, F. M., Hemsworth, P. H., 1994. The behaviour of primiparous sows around farrowing in response to restraint and straw bedding. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39, 269-280.
- Curtis, S. E., 1983. Environment management in animal agriculture. pp. 135-138. The Iowa State Univ. Press, Ames IA., USA.
- Danzer, A., 1994. Verhalten. In: Knodel, H. (Ed.), Studienreihe Biologie Band 5, 2nd ed., Schroedel Schulbuchverlag GmbH, Hannover, Deutschland.
- de Passille, A. M. B., Rushen, J., Hartsock, T. G., 1988. Ontogeny of teat fidelity in pigs and its relation to competition at suckling. *Can. J. Anim. Sci.* 68, 325-338.
- D'Eath, R. B., Lawrence, A. B., 2004. Early life predictors of the development of aggressive behaviour in the domestic pig. *Anim. Behav.* 67, 501-509.
- D'Eath, R. B., 2005. Socialising piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are mixed post-weaning. *Appl Anim Behav Sci.* 93, 199-211.
- D'Eath, R. B., Roehe, R., Turner, S. P., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lawrence, A. B., 2009. Genetics of animal temperament: aggressive behaviour at mixing is genetically associated with the response to handling in pigs. *animal*, 3(11), 1544-1554.
- D'Eath, R. B., Turner, S. P., 2009. The natural behaviour of the pig. In: Marchant-Forde, J.N. (Ed.), *The Welfare of Pigs*, pp. 13-45. Springer Netherlands, Niederlande.
- Drake, A., Fraser, D., Weary, D. M., 2008. Parent-offspring resource allocation in domestic pigs. *Behav Ecol Sociobiol* 62, 309-319.
- Edwards, S. A., Fraser, D., 1997. Housing systems for farrowing and lactation. *Pig J.* 39, 77-89.

- Ellendorf, F., Forsling, M. L., Poulain, D. A., 1982. The milk ejection reflex in the pig. *J. Physiol.* 333, 577- 594.
- EU-Richtlinie, 2008. Richtlinie des Rates 2008/120/EG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen.
- Ewbank, R., Meese, G. B., 1971. Aggressive behaviour in groups of domestic pigs on removal and return of individuals. *Anim. Prod.* 13, 685-693.
- Ewbank, R., 1976. Social hierarchy in suckling and fattening pigs: A review. *Livest. Prod. Sci.* 3, 363-372.
- Fels, M., 2008. Biologische Leistungen, agonistisches Verhalten und soziometrische Kenngrößen bei Absatzferkeln in unterschiedlichen Gruppierungsvarianten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen. Deutschland.
- Fischer, K., Brüssow, K., Wähner, M., 2005. The influence of the condition of the umbilical cord at birth on the vitality of a newborn piglet. *Biotech. Anim. Husbandry* 21, 191-194.
- Forde, J. N. M., 2002. Piglet- and stockperson-directed sow aggression after farrowing and the relationship with a pre-farrowing, human approach test. *Appl, Anim. Behav. Sci.*, 75, 115-132.
- Foury, A., Devillers, N., Sanchez, M. P., Griffon, H., Le Roy, P., Mormede, P., 2005. Stress hormones, carcass. *Meat Sci.* 69, 703-707.
- Foury, A., Geverink, N. A., Gil, M., Gispert, M., Hortos, M., Font i Furnols, M., Carrion, D., Blott, S. C., Plastow, G. S., Mormede, P., 2007. Stress neuroendocrine profiles in five pig breeding lines and the relationship with carcass composition. *Animal* 1, 973-982.
- Fraser, D., 1978. Observation on behavioural development of suckling and early-weaned piglets during first 6 weeks after birth. *Anim. Behav.* 26, 22-30.
- Fraser, D., 1980. A review of the behavioural mechanism of milk ejection of the domestic pig. *Appl. Anim. Ethol.* 6, 247-255.
- Fraser, D., Thompson, B. M., 1991. Armed sibling rivalry among suckling piglets. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29, 9-15.
- Gabor, T. M., Hellgren, E. C., Van Den Bussche, R. A., Silvy, N. J., 1999. Demography, sociospatial behaviour and genetics of feral pigs (*Sus scrofa*) in a semi-arid environment. *J. Zool.* 247, 311-322.

- Gilbert, C. L., Boulton, M. I., Forsling, M. L., Goode, J. A., McGrath, T. J., 1997. Restricting maternal space during farrowing in the pig. Effects on oxytocin, vasopressin and cortisol secretion following vagino-cervical stimulation and administration of naloxone. *Anim. Reprod. Sci.* 46, 245-259.
- Gonyou, H. W., 2001. The social behaviour of pigs. In: Keeling, L. J., Gonyou, H. W. (Ed.). *Social behaviour in farm animals*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Grandinson, K., Rydhmer, L., Strandberg, E., Thodberg, K., 2003. Genetic of on-farm tests of maternal behaviour in sows. *Livest. Prod. Sci.* 83, 141-151.
- Grandinson, K., 2005. Genetic background of maternal behaviour and its relation to offspring survival. *Livest. Prod. Sci.* 93, 43-50.
- Graves, H. B., 1984. Behavior and ecology of wild and feral swine (*Sus scrofa*), *J. Anim. Sci.* 58, 482-492.
- Gundlach, H., 1968. Brutfürsorge, Brutpflege, Verhaltensontogenese und Tagesperiodik beim Europäischen Wildschwein. *Z. Tierpsychol.* 25, 955-995.
- Gustafsson, M., Jensen, P., de Jonge, F. H., Illmann, G., Spinka, M., 1999. Maternal behaviour of domestic sows and crosses between domestic sows and wild boar. *Appl Anim Behav Sci.* 65 (1), 29-42.
- Hales, J., Moustsen, V. A., Nielsen, M. B. F., Hansen, C. F., 2015. Temporary confinement of loose-housed hyperprolific sows reduces piglet mortality. *J. Anim. Sci.* 93, 4079-4088.
- Hartsock, T. G., Graves, H. B., Baumgardt, B. R., 1977. Agonistic behavior and the nursing order in suckling piglets: relationships with survival, growth and body composition. *J. Anim. Sci.* 44, 320-331.
- Hartung, E., 2001. Konzeption, Realisierung und Evaluierung einer Versuchseinrichtung zur Entwicklung und differenzierten Beurteilung von Haltungssystemen für Mastschweine. Habilitation. Universität Hohenheim, Deutschland.
- Haskell, M. J., Hutson, G. D., 1994. Pre-farrowing behaviour of sows and gilts with access to space for locomotion. *Aust. J. Exp. Agric.* 34, 1099-1105.
- Hellbrügge, B., 2007. Genetic aspects of piglet losses and the maternal behaviour of sows. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland.

- Hellbrügge, B., Tölle, K.-H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 2. Genetic relationship between maternal behaviour in sows and piglet mortality. *Animal* 2:9, 1281-1288.
- Hennessy, D. P., Stelmasiak, T., Johnston, N. E., Jackson, P. N., Outch, K. H., 1988. Consistent capacity for adrenocortical response to ACTH administration in pigs. *Am. J. Vet. Res.* 49, 1276-1283.
- Hörning, B., 1992. Das Verhalten von Schweinen. In: Hörning, B., Raskopf, S., Simantke, C. (Ed.), *Artgemäße Schweinehaltung: ein Leitfaden für die Praxis - Alternative Konzepte*, Band 78, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, Deutschland.
- Horrell, I., 1997. The characterisation of suckling in wild boar. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 271-277.
- Houpt, K., 2011. *Domestic Animal Behaviour for Veterinarians and Animal Scientists*, 5th ed., Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Hoy, S., 2004. Haltung und Fütterungstechnik. In: Prange, H. (Ed.), *Gesundheitsmanagement Schweinehaltung*. pp. 130 - 164. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Deutschland.
- Hoy, S., Gauly, M., Krieter, J., 2006. Schweinehaltung. In: Hoy, S., Gauly, M., Krieter, J. (Ed.), *Nutztierhaltung und Hygiene*, pp. 67 - 139, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Hoy, S., 2009. *Nutztierethologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland
- Hoy, S., 2010. Tierhaltungsaspekte der Tiergesundheit. In: Brede, W., Blaha, T., Hoy, S. (Ed.), *Tiergesundheit Schwein*, pp. 112-167. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/M., Deutschland.
- Hulsen, J., Scheepens, K., 2005. *Schweinesignale - Praxisleitfaden für die tiergerechte Schweinehaltung*. Landwirtschaftsverlag Münster, Deutschland.
- Hunter, E. J., Edwards, S. A., Simmins, P. H., 1989. Social Activity and Feeder Use by a "Dynamic" Group of 40 Sows using a Sow-Operated computerized Feeder. *Anim. Prod.* 48, 643 - 644.
- Hutson, G. D., Wilkinson, J. L., Luxford, B. G., 1991. The response of lactating sows to tactile, visual and auditory stimuli associated with a model piglet. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32, 129-137.

- Immelmann, K. 1982. Wörterbuch der Verhaltensforschung. Paul Parey, Berlin-Hamburg, Deutschland.
- Janeau, G., Spitz, F., 1984. L'espace chez le sanglier (*Sus scrofa* L.): Occupation et mode d'utilisation. *Gibier Faune Sauvage* 1, 76-89.
- Jensen, P., 1986. Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. *Appl Anim Behav Sci.* 16 (2), 131-142.
- Jensen, P., 1989. Nest site choice and nest building of free-ranging domestic pigs due to farrow. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 22, 13-21.
- Jensen, P., Recén, B., 1989. When to wean - Observations from free-ranging domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 23, 49-60.
- Jensen, P., Stangel, G., Algers, B. 1991. Nursing and sucking behaviour of semi-naturally kept pigs during the first 10 days post partum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31, 195-209.
- Jensen, P., 1993. Nest-building in domestic sows: the role of external stimuli. *Anim. Behav.* 45, 351-358.
- Jensen, P., Gustafsson, M., Augustsson, H., 1998. Teat massage after milk ingestion in domestic piglets: an example of honest begging? *Anim. Behav.* 55, 779-786.
- Jensen, P., Andersson, L., 2005. Genomics meets ethology: A new route to understanding domestication, behavior, and sustainability in animal breeding. *Ambio* 34, 320-324.
- Johnson, A. K., Marchant-Forde, J. N., 2009. Welfare of pigs in the farrowing environment. In: Marchant-Forde, J. N. (Ed.), *The Welfare of Pigs*, pp. 141-188. Springer, Niederlande.
- Jungbluth, T., Büscher, W., Krause, M., 2005. *Technik Tierhaltung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Kaminski, G., Brandt, S., Baubet, E., Badoin, C., 2005. Life-history patterns in female wild boars (*Sus scrofa*): mother-daughter postweaning associations. *Can. J. Zool.* 83, 474-480.
- Kappeler, P. M., 2011. *Verhaltensbiologie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Deutschland.
- Krauss, V., Hoy, S., 2011. Dry sows in dynamic groups: An investigation of social behaviour when introducing new sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 130, 20-27.

- Langbein, J., Puppe, B., 2004. Methoden der soziometrischen Analyse biologischer Dominanzstrukturen dargestellt am Beispiel einer Fallstudie bei Zwergziegen und Schweinen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgerechten Tierhaltung 2003. KTBL-Schrift 431, pp. 62-70. Darmstadt, Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.
- Lawrence, A. B., McLean, K. A., Jarvis, S., Gilbert, C. L., Petherick, J. C., 1997. Stress and parturition in the pig. *Reprod. Domest. Anim.* 32, 231-236.
- Løvendahl, P., Damgaard, L. H., Nielsen, B. L., Thodberg, K., Su, G., Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. *Livest. Prod. Sci.* 93, 73-85.
- Lyons, D. M., Price, E. O., Moberg, G. P., 1988. Individual differences in temperament of dairy goats: constancy and change. *Anim. Behav.* 36, 1323-1333.
- Marchant, J. N., 1998. Sow aggression towards the stockperson; relationship with approach test parameters and piglet survival. Proc. from the 32nd Congr. ISAE. Clermont-Ferrand, Frankreich, p 109.
- Marchant-Forde, J. N., 2010. Social behaviour in swine and its impact on welfare. pp. 18-21. Proceedings of the 21st IPVS Congress, Vancouver, Canada
- Mason, G., Bateson, M., 2009. Motivation and the Organization of Behaviour. pp.38-56. In: Jensen, P. (Ed.). *The ethology of domestic animals: an introductory text.* CAB International, Wallingford, UK.
- Mauget, R., 1981. Behavioural and reproductive strategies in wild forms of *Sus scrofa* (European wild boar and feral pigs) In: Marchant-Forde, J. N. (Ed), 2009. *The Welfare of Pigs.* Chapter 2: D'Eath, R. B.; Turner, S. P., *The natural behaviour of the Pig.* pp. 13-45, Springer Netherlands, Niederlande.
- Mayer, J. J., Martin, F. D., Brisbin, I. L., 2002. Characteristics of wild pig farrowing nests and beds in the upper Coastal Plain of South Carolina. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 78, 1-17.
- McGlone, J. J., Salak, J. L., Lumpkin, E. A., Nicholson, R. I., Gibson, M., Norman, R. L., 1993. Shipping stress and social status effects on pig performance, plasma cortisol, natural killer cell activity, and leukocyte numbers. *J. Anim. Sci.* 71, 888-896.
- Mendl, M. T., Held, S., 2001. Living in groups: an evolutionary perspective. pp. 7-36. In: Keeling, L. J., Gonyou, H. W.(Ed.) *Social Behaviour in Farm Animals,* CABI Publishing, Wallingford, UK.

- Meynhardt, H., 1990. Schwarzwild-Report: Mein Leben unter Wildschweinen. (8. Aufl.). Neumann Verlag, Leipzig Radebeul, Deutschland.
- Michel, V., Peinnequin, A., Alonso, A., Buguet, A., Cespuglio, R., Canini, F., 2007. Decreased heat tolerance is associated with hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis impairment. *Neuroscience* 147, 522-531.
- Moore, A. S., Gonyou, H. W., Ghent, A. W., 1993. Integration of newly introduced and resident sows following grouping. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 38 (3/4), 257- 267.
- Mormede, P., Lemaire, V., Castanon, N., Dulluc, J., Laval, M., Le Moal, M., 1990. Multiple neuroendocrine responses to chronic social stress: interaction between individual characteristics and situational factors. *Physiol. Behav.* 47, 1099-105.
- Morrow-Tesch, J. L., McGlone, J. J., Salak-Johnson, J. L., 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J. Anim. Sci.* 72, 2599-2609.
- Moustsen, V. A., Hales, J., Lahrmann, H. P., Weber, P. M., Hansen, C. F., 2013. Confinement of lactating sows in crates for 4 days after farrowing reduces piglet mortality. *Animal* 7, 648– 654.
- Müller, K.; Sonntag, S., 2012. DLG-Merkblatt 370: Management großer Würfe. DLG e. V., Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, Ausschuss für Schweineproduktion.
- Muirhead, M. R., 1983. Pig housing and environment. *Vet. Rec.* 113, 587-593.
- Naguib, M., 2006. Methoden der Verhaltensbiologie. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Deutschland.
- Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (ML Niedersachsen), 2011. Tierschutzplan Niedersachsen. Hannover, Deutschland.
- Newberry, R. C., Wood-Gush, D. G. M., 1985. The suckling behaviour of domestic pigs in a semi-natural environment. *Behaviour* 95, 11-25.
- Newberry, R. C., Wood-Gush, D. G. M., 1986. Social relationships of piglets in a semi-natural environment. *Anim. Behav.* 34, 1311-1318.
- Oldigs, B., Schlichting, M. C., Ernst, E., 1992. Untersuchungen zum Gruppieren von Sauen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1991 - KTBL-Schrift 351, pp. 109-120. Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.

- Otten, W., Puppe, B., Kanitz, E., Schön, P. C., Stabenow, B., 2002. Physiological and behavioral effects of different success during social confrontation in pigs with prior dominance experience. *Physiol. Behav.* 75, 127-133.
- Parrott, R. F., Misson, B. H., 1989. Changes in Pig Salivary Cortisol in Response to Transport Simulation, Food and Water Deprivation, and Mixing. *Br. Vet. J.* 145, 501 - 505.
- Pedersen, L., Jensen, T., 2008. Effects of late introduction of sows to two farrowing environments on the progress of farrowing and maternal behavior. *J. Anim. Sci.* 86, 2730-2737.
- Peitz, B.; Peitz, L. (1993): Schweine halten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Deutschland.
- Petersen, V., Recén, B., Vestergaard, K., 1990. Behaviour of sows and piglets during farrowing under free-range conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26, 169-179.
- Price, E. O., 2008. Principles and applications of domestic animal behavior: an introductory text, CAB International, Wallingford, UK.
- Puppe, B., 1996. Soziale Dominanz- und Rangbeziehungen beim Hausschwein: eine kritische Übersicht. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 109, 457-464.
- Puppe, B., 1998. Effects of familiarity and relatedness on agonistic pair relationships in newly mixed domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 233-239.
- Puppe, B., Tuchscherer, A. 1999. Developmental and territorial aspects of suckling behaviour in the domestic pig (*Sus scrofa f. domestica*). *J. Zool.* 249, 307-313.
- Puppe, B., 2002. Die Entwicklung der Beziehung zwischen Sau und Ferkel beim Hausschwein - Eine soziobiologische Betrachtung. *Berl. Munch. Tierärztl. Wochenschr.* 115, 445-452.
- Puppe, B., 2008. Ethophysiologische Untersuchungen zum Sozialverhalten beim Hausschwein am Beispiel von Mutter-Nachkommen und sozialen Dominanzbeziehungen, Habilitation, Justus-Liebig-Universität, Gießen, Deutschland.
- Quiniou, N., Noblet, J., 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *J. Anim. Sci.* 77, 2124-2134.
- Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., Dingemanse, N. J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol. Rev.* 82, 291-318.
- Robertson, J. B., Laired, R., Hall, J. K. S., Forsyth, R. J., Thomson, J. M., Walker-Love, J., 1966. A comparison of two indoor farrowing systems of sows. *Anim. Prod.* 8, 171-177.

- Röhrs, M., Kruska, D., 1969. Der Einfluß der Domestikation auf das Zentralnervensystem und Verhalten von Schweinen. Dtsch. tierärztl. Wschr. 76, 514-518.
- Rosillon-Warner, A., Paquay, R., 1984. Development and consequences of teat-order in piglets. Appl. Anim. Behav. Sci. 13, 47-58.
- Rundgren, M., Lofquist, I., 1989. Effects on performance and behaviour of mixing 20 kg pigs fed individually. Anim. Prod. 49, 311-315.
- Salak-Johnson, J. L., McGlone, J. J., 2007. Making sense of apparently conflicting data: stress and immunity in swine and cattle. J. Anim. Sci. 85, E81-E88.
- Sambraus, H. H., 1978. Nutztierethologie: Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg. Deutschland.
- Sambraus, H. H., 1991. Nutztierkunde. Eugen-Ulmer-Verlag, Stuttgart, Deutschland.
- Schlichting, M. C., Smidt, D., 1989. Kriterium Tier, Subkriterium "Tierverhalten". In: Haltungssysteme Mastschweine. KTBL-Schrift 335, pp. 71-82, Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.
- Schlichting, M. C., 1996. Konzepte im Abferkelbereich auf Grundlage des Verhaltens. KTBL-Schrift 372, 54-56.
- Scott, J. P., 1958. Animal Behavior. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Sih, A., Bell, A. M., Johnson, J. C., 2004. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. Trends Ecol. Evol. 19, 372-378.
- Sih, A., Bell, A., 2008. Insights for behavioural ecology from behavioural syndromes. Adv. Stud. Behav. 38, 227-281.
- Spinka, M., Illmann, G., Algers, B., Stetková, Z., 1997. The role of nursing frequency in milk production in domestic pigs. J. Anim. Sci. 75, 1223-1228.
- Spinka, M., Illmann, G., de Jonge, F., Andersson, M., Schuurman, T., Jensen, P., 2000. Dimensions of maternal behaviour characteristics in domestic and wild x domestic crossbred sows. Appl Anim Behav Sci. 70(2), 99-114.
- Spinka, M., 2009. Behaviour of Pigs. In: Jensen, P. (Ed.). The ethology of domestic animals: an introductory text. 2nd ed., pp. 177-191, CAB International, Wallingford, UK.
- Spoolder, H. A. M., Burbidge, J. A., Edwards, S. A., Lawrence, A. B., Simmins, P. H., 1996. Social recognition in gilts mixed into a dynamic group of 30 sows. Anim. Sci. 62, 630.

- Spoolder, H. A. M., Geudeke, M. J., Van der Peet-Schwering, C. M. C., Soede, N. M., 2009. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. *Livest. Sci.* 125, 1-14.
- Stolba, A., 1988. Ethograms of the domestic pigs and European wild boar. In: *The Library of the Association for the Study of Animal Behaviour*, 287-298.
- Stolba, A., Wood-Gush, D. G. M., 1984. The identification of behavioural key features and their incorporation into a housing design for pigs. *Ann. Rech. Vet.* 15, 287-298.
- Svendsen, J., Svendsen L. S. 1997. Intensive (commercial) systems for breeding sows and piglets to weaning. *Livest. Prod. Sci.* 49, 165-179.
- Tan, S. S. L., Shackleton, D. M., Beames, R.M., 1991. The effect of mixing unfamiliar individuals on the growth and production of finishing pigs. *Anim. Prod.* 52, 201-206.
- Taverne, M. A. M., Naaktgeboren, C., Elsaesser, F., Forsling, M. L., van der Weyden, G. C., Ellendorff, F., Smidt, D. 1979. Myometrial electrical activity and plasma concentration of progesterone, estrogens and oxytocin during late pregnancy and parturition in the pig. *Biol. Reprod.* 21 1125-1134.
- Taverne, M., 2008. The relation between the birth process and the condition of the newborn piglet and calf. *Vet. Res.* 32, 93-98.
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, 2006. Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung), neugefasst durch Bek. v. 22.8.2006, BGBl I S. 2043, die durch Artikel 4 der Verordnung vom 12. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4145) geändert worden ist.
- Tinbergen, N., 1963. On aims and methods of ethology. *Z.Tierpsychol.* 20, 410-433.
- Torrey, S., Widowski, T. M., 2007. Relationship between growth and non-nutritive massage in suckling pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, 32-44.
- Tsuma, V. T., Einarsson, S., Kindahl, H., Lundeheim, N., Rojkittikhun, T., 1996. Endocrine Changes During Group Housing of Primiparous Sows in Early Pregnancy. *Acta Agric. Scand. A* 37, 481 - 490.
- Tuchscherer, M., Puppe, B., Tuchscherer, A., Kanitz, E., 1998. Effects of social status after mixing on immune, metabolic, and endocrine responses in pigs. *Physiol. Behav.* 64, 353-360.

- Turner, A. I., Hemsworth, P. H., Tilbrook, A. J., 2002. Susceptibility of reproduction in female pigs to impairment by stress and the role of the hypothalamo-pituitary axis. *Reprod. Fertil. Dev.* 14, 377-391.
- Turner, S. P., Roehe, R., Mekkawy, W., Farnworth, M. J., Knap, P. W., Lawrence, A. B., 2008. Bayesian analysis of genetic associations of skin lesions and behavioural traits to identify genetic components of individual aggressiveness in pigs. *Behav. Genet.* 38, 67-75.
- Turner, S. P., Roehe, R., D'Eath, R. B., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lundeheim, N., Rydhmer, L., Lawrence, A. B., 2009. Genetic validation of post-mixing skin injuries in pigs as an indicator of aggressiveness and the relationship with injuries under more stable social conditions. *J. Anim. Sci.* 87, 3076–3082.
- Turner, S. P., Roehe, R., Lawrence, A. B., 2010. Social Behaviour in Pigs (ID060), 9th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod, Leipzig, Germany.
- Tuytens, F. A. M., Van Gansbeke, S., Ampe, B., 2011. Survey among Belgian pig producers about the introduction of group housing systems for gestating sows. *J. Anim. Sci.* 89, 845-855.
- Valros, A. E., Rundgren, M., Spinka, M., Saloniemi, H., Rydhmer, L., Algiers, B., 2002. Nursing behaviour of sows during 5 weeks lactation and effects on piglet growth. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76 (2), 93-104.
- Valros, A., Hänninen, L., 2009. Behaviour and Physiology. In: Jensen, P. (Ed.), *The ethology of domestic animals: an introductory text*. 2nd ed., pp. 25-37, CAB International, Wallingford, UK.
- van Rens, B., van der Lende, T., 2004. Parturition in gilts: duration of farrowing, birth intervals and placenta expulsion in relation to maternal, piglet and placental traits. *Theriogenology* 62, 331-352.
- van der Peet-Schwering, C. M. C., Kemp, B., Plagge, J. G., Vereijken, P. F. G., den Hartog, L. A., Spoolder, H. A. M., Verstegen, M. W. A., 2004. Performance and individual feed intake characteristics of group-housed sows fed a nonstarch polysaccharides diet ad libitum during gestation over three parities. *J. Anim. Sci.* 82, 1246-1257.
- van Dijk, A., van Rens, B., van der Lende, T., Taverne, M., 2005. Factors affecting duration of the expulsive stage of parturition and piglet birth intervals in sows with uncomplicated, spontaneous farrowings. *Theriogenology* 64, 1573-1590.

- van Oers, K., de Jong, G., van Norordwijk, A. J., Kempenaers, B., Drent, P. J., 2005. Contributions of genetics to the study of animal personalities: a review of case studies. *Behaviour* 142, 1185-1206.
- van Putten, G., 1978. Schwein. In: Sambahaus, H. H. (Ed.): *Nutztierethologie - Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere - Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis.* - Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg, Deutschland.
- van Putten, G., van de Burgwal, J. A., 1990. Vulva Biting in Group-Housed Sows: Preliminary Report. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26, 181 - 186.
- Velarde, A., 2007. Agonistic behaviour. In: Velarde, A., Geers, R. (Ed.), *On farm monitoring of pig welfare.* Wageningen Academic Publishers. Wageningen. Niederlande.
- Verhovsek, D., Troxler, J., Baumgartner, J., 2007. Peripartal behaviour and teat lesions of sows in farrowing crates and in a loose housing system. *Anim Welfare* (16) 2 273-276.
- Vestergaard, K., Hansen, L. L., 1984. Tethered versus loose sows: ethological observations and measures of productivity. I. Ethological observations during pregnancy and farrowing. *Ann. Rech. Vet.* 15, 245-256.
- von Borell, E. H., 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *J. Anim. Sci.* 79, E260-E267.
- von Borell, E., 2009. Grundlagen des Verhaltens. In: Hoy, S. (Ed.), *Nutztierethologie*, pp. 12-37, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Stuttgart, Deutschland.
- von Borell, E., Gauly, M., Herrmann, H.-J., Hesse, D., Knierim, U., Müller, C., Pelzer, A., Schrader, A., Sürle, C. 2012. DLG-Merkblatt 383: Tiergerechtigkeit auf dem Prüfstand. DLG e. V., Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, Ausschuss für Tiergerechtigkeit.
- von Zerboni, H. N., Grauvogl, A., 1984. Schwein. In: Bogner, H., Grauvogl, A. (Ed.), *Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere.* pp. 246-297. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag, Deutschland.
- Wallenbeck, A., Rydhmer, L., Thodberg, K., 2008. Maternal behaviour and performance in first-parity outdoor sows. *Livest. Prod. Sci.* 116, 216-222.
- Weary, D. M., Pajor, E. A., Fraser, D., Honkanen, A. M., 1996. Sow body movements that crush piglets: A comparison between two types of farrowing accommodation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49, 149-158.

- Weary, D. M., Fraser, D., 2009. Social and reproductive behaviour. pp.73-84. In: Jensen, P. (Ed.). The ethology of domestic animals: an introductory text. CAB International, Wallingford, UK.
- Weber, R., Keil, N. M., Fehr, M., Horat, R., 2007. Piglet mortality on farms using farrowing systems with or without crates. *Anim. Welfare* 16 (2), 227-279.
- Wechsler, B., Hegglin, D., 1997. Individual differences in the behaviour of sows at the nest-site and the crushing of piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51, 39-49.
- Wechsler, B., Weber, R., 2007. Loose farrowing systems: challenges and solutions. *Anim. Welfare* 16 (3), 295-307.
- Whittemore, C. T., Fraser, D., 1974. The nursing and suckling behaviour of pigs. II. Vocalization of the sow in relation to suckling behaviour and milk ejection. *Br. Vet. J.* 130, 346-356.
- Wiedmann, R., 2006. In der Sauenarena die Rangordnung schonend klären. *dlz agrarmagazin* 1, 124-127.
- Wischner, D., 2009. Sow's maternal behaviour as a major influence on the survival of piglets. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland.
- Wood, G. W., Brenneman, R. E., 1980. Feral hog movements and habitat use in coastal South Carolina. *J. Wildl. Manage.* 44(2), 420- 427.
- Wyeth, G. S. F., McBride, G., 1964. Social behavior of domestic animals. V. A note on suckling behavior in young pigs. *Anim. Prod.* 6, 245-247.
- Zeeb, K., 1974. Haltungsprobleme von Tieren in ethologischer und ökologischer Hinsicht. In: *Ethologie und Ökologie bei der Haustierhaltung, Tagungsbericht der DVG, Fachgruppe Verhaltensforschung, 23.-25. November 1972, Freiburg*, pp. 7-18, Verlag KTBL, Darmstadt, Deutschland.
- Zeeb, K., 1990. Ethologische Grundlagen im Zusammenhang mit der Haltungstechnik. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* 97, 91-93.
- Ziron, M., 2010. DLG-Merkblatt 359: Fütterungstechnik in der Sauenhaltung. DLG e.V. (Hrsg.), Frankfurt/M., Germany.

KAPITEL III

Behaviour tests in pigs focused on maternal ability: a review

Anne K. Appel^{1,2}, Barbara Voß², Björn Tönepöhl¹,
Uta König von Borstel¹, Matthias Gauly^{1,a}

¹ Department of Animal Science, University of Göttingen, 37075 Göttingen, Germany

² BHZP GmbH, 21368 Dahlenburg-Ellringen, Germany

^a Present address: Faculty of Science and Technology, University of Bozen-Bolzano,
39100 Bozen, Italy

Prepared for submission
Applied Animal Behaviour Science

Kapitel III: Behaviour tests in pigs focused on maternal ability: a review

Abstract

There is growing public concern about modern animal production systems, especially about animal welfare and animal health, and public debate about animal welfare already has led to changed legislation of animal housing and management strategies. Animal welfare may be compromised by economic pressure on high production and sows with increased litter size produce more weaned piglets, though often with higher rates of lost piglets. Good maternal abilities may help to combine good animal welfare with a high level of production.

The survival rate of live born piglets can be used as one of the indicators for maternal ability of sows. Maternal ability is also reflected by sow's maternal behaviour, including anxiety and aggressiveness. Suitable behaviour tests may help to quantify aspects of maternal behaviour. Here, we review behaviours, trait and behavioural tests that may be used to assess maternal ability of sows. The time during and after farrowing is the most sensitive phase in the pig production cycle and therefore research often focused on the preweaning period. Two commonly used tests for this purpose are the 'human approach test' and 'novel object test'. In several studies a so called 'piglet scream test' was performed, with heritability estimates for the outcomes ranging from 0.06 to 0.16. In this test sows were confronted with an acoustic stimulus. The reaction of the sow to being separated from her piglets ($h^2 = 0.01$ to $h^2 = 0.11$) was likewise evaluated frequently. The nursing behaviour of the sow, which is crucial for the newborn development, can be characterised by the sow's willingness to nurse. Parameters like nursing frequency, nursing duration and sow's activity were often evaluated by video-analysis. A review of experiments relating to maternal behaviour of sows showed that, despite different test designs and heterogeneous experimental setups, manipulation of these relevant traits through selective breeding is possible and promising. For example, multiple studies point out that more active sows have fewer piglet losses and assumingly mothering skills.

We believe that an improvement of maternal behaviour through breeding can result in a higher survival rate even though this trait has a low heritability with an average of 0.05, at the level of the litter and as a trait of the sow.

Key words: behavioural tests, maternal ability, genetic parameters, piglet losses, sow

Introduction

In pigs, litter size at birth and at weaning has increased over the years (Grandinson et al., 2003; Bäurle and Schnippe, 2012), whereas the survival rate of the piglets has not improved. For example, in the business year 2013/14 the piglet losses in Northern Germany amounted to 14.3% until weaning (VzF GmbH, 2014). One of the major aims of commercial pig production is to decrease piglet losses in order to improve the number of weaned piglets and therefore animal welfare and economic success. Optimal maternal behaviour in the farrowing unit is a critical component for piglet survival but also for sow's longevity (Johnson and McGlone, 2011). Therefore, the assessment and evaluation of maternal behaviour increasingly gains importance (Wischner, 2009). The largest proportion of piglet mortality is caused by the sow, either directly by crushing piglets or indirectly by not preventing them to starve (Algers et al., 1990; Edwards et al., 1994; Weary et al., 1996; Hellbrügge, 2007). The most important reason for piglet losses within the preweaning period is crushing under the sow (Kunz and Ernst, 1987; Hellbrügge, 2007), particularly with regard to loose-housed sows (Wechsler and Hegglin, 1997). Due to the high mortality rates within the most critical period of piglet survival, particular during the first three days (English and Smith, 1975; Svendsen et al., 1986; Barnett et al., 2001; Hellbrügge, 2007), most of today's sows are housed in crates (Johnson and Marchant-Forde, 2009). Farrowing crates were designed in a way to reduce piglet losses by restricting the body movements of the sow, to provide a zone of retreat for the piglets and to make routine animal handling easier for the stockperson (Baxter, 1984; Edwards, 2002). Sows in farrowing crates may be restricted in their movement, but still influence their piglets health by maternal behaviour; one component of the complex trait maternal ability is maternal behaviour. Maternal behaviour is composed of a proper bonding between mother and offspring, nursing behaviour, responsiveness and attentiveness towards the

offspring as well as protectiveness of the offspring towards intruders (Grandinson, 2003). Recent studies indicated that there are individual differences in maternal behaviour between sows (Fraser, 1990; Wechsler and Hegglin, 1997; Grandinson, 2003; Andersen et al., 2005). Part of it reflects variation in, for example, dominance, age or experience, but some of the inter-individual-variability is based on genetic differences (Grandinson, 2003; Petersen et al., 2003; Andersen et al., 2005).

In the past, different traits were used to evaluate maternal behaviour of the sow. Evaluations were by questionnaire (Vangen et al., 2005; Gäde, 2007) or by behavioural tests (Grandinson, 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008; Wischner et al., 2010), which makes the results difficult to compare. Assessing maternal behaviour alone by the use of behavioural tests may be tricky though, as test generally focus on a specific aspect of maternal behaviour while neglecting a range of other important aspects. This raises the question if earlier research has identified (maternal) behaviour traits that can be used to assess maternal ability in sows and direct breeding strategies. The aim of this paper is to review behaviour traits that have been studied in pigs as potential selection traits for improving maternal behaviour and survivability of the offspring.

Maternal behavioural tests

Within a population individuals show clear differences in their behaviour, some of which are stable across situations and time (de Sevilla et al., 2009; D'Eath et al., 2009). This is referred to as animal behavioural syndrome, personality or coping style (e.g. Benus et al., 1991; Erhard et al., 1999). Behaviour tests can be used for determining personality traits in pigs, ideally early in life, given that outcomes are associated with behaviour at later age, as this allows to select early in life for desirable traits. Tests that in pigs have quantified behaviour relevant to maternal abilities are summarized in Table 1 and addressed next.

Table 1: Overview of behaviour tests for assessment of behaviour related to maternal ability in pigs and estimated heritabilities ($h^2 \pm SE$)

Behavioural test	Author	N	Age of tested animals	Observed traits	$h^2 \pm SE$
	Hemsworth et al., 1990	425 gilts	25-30 weeks of age	Time to first contact with observer	0.38 ± 0.19
				Time spent within 0.5m radius of the observer	0.07 ± 0.15
				Time taken till entering a 0.5m radius of the observer	0.02 ± 0.15
	Grandinson et al., 2003	738 sows		Avoidance of stockperson, when litter was handled	0.08 ± 0.04
Human approach test	Vangen et al., 2005	558 litters in Norway		Fear of the sow during routine management (based on questionnaires)	0.14 ± 0.07 (Norway)
		734 litters in Finland			0.17 ± 0.07 (Finland)
	Gäde et al., 2008	8,567 sows		Reaction towards a person entering the farrowing pen (based on questionnaires)	0.06 ± 0.03
	Hellbrügge et al., 2009	638 gilts		Response to humans presence in the pen	0.09 ± 0.06

Behavioural test	Author	N	Age of tested animals	Observed traits	$h^2 \pm SE$
Separation test	Løvendahl et al., 2003	979 sows	3rd to 5th day pp	Body reaction of the sow to their piglets being handled	0.11 ± 0.08
	Grandinson et al., 2003	836 sows	4th day pp	Response to piglets being removed	0.01 ± 0.01
	Løvendahl et al., 2005	1,076 sows		Body response towards piglets being handled	0.08 ± 0.06
	Hellbrügge et al., 2008	Test 1: 1,327 litters	Test 1: within 1st day pp	Body response towards piglets being removed	0.09 ± 0.04
		Test 2: 1,279 litters	Test 2: around 21th day pp		0.06 ± 0.04
Piglet scream test	Grandinson et al., 2003	1,448 litters	4th day pp	Body response towards piglets screams	0.06 ± 0.03
	Vangen et al., 2005	565 litters in Norway		Reaction towards piglets scream at handling	0.16 ± 0.07 (Norway)
		735 litters in Finland		(based on questionnaires)	0.12 ± 0.06 (Finland)
	Hellbrügge et al., 2008	1,453 litters	1st to 5th day pp	Maximum response of the sow towards piglets scream	0.13 ± 0.05

Maternal behavioural traits - Anxiety and aggressiveness

Anxiety and withdrawal reaction

From the first day of their life pigs are handled frequently by humans (Grandinson, 2003). Management routines such as tail docking, rasping of teeth and necessary vaccinations are common in commercial pig production. In contrast to aversive interventions, pigs are cared for and fed by stockpersons, which result in the formation of a strong and complex social relationship (Hemsworth et al., 1987). The latter affects the pig's behaviour, productivity, physiology and welfare (Hemsworth et al., 1986; Hemsworth et al., 1990; Janczak et al., 2003).

Negative experience with stockpersons may result in chronic stress, which tends to negatively influence reproduction related processes (reviewed by Kongsted, 2004); negative handling experiences by humans reduced oestrus behaviour (Hemsworth and Barnett, 1990) and farrowing rate (Hemsworth et al., 1990), and a higher level of fear towards humans was associated with a longer duration of farrowing and a higher number of stillborn piglets (Hemsworth et al., 1999; Janczak et al., 2003; Hellbrügge et al., 2009). Purnier and Tallet (2014) stated that a high level of fear to humans by pigs complicates many husbandry tasks and renders them less efficient.

Fear of humans may be assessed by voluntary approach (Hemsworth et al., 1999; Thodberg et al., 1999; Janczak et al., 2003). Hemsworth et al. (1990) tested gilts individually in a 3 x 3 m area at 25 to 30 weeks of age. After a two minutes familiarisation period the experimenter quietly entered the area. The test lasted for three minutes. 'Exploration behaviour of the animals', which was closely linked with general activity and physical interactions, affected the latency to contact. For the trait 'time to physical interaction with the experimenter' a moderate heritability ($h^2 = 0.38 \pm 0.19$) was found (Hemsworth et al., 1990), as compared to low heritabilities for the traits 'time till the pig entered the area of 0.5 m around the experimenter' ($h^2 = 0.07 \pm 0.15$), and 'total time spent in the area 0.5 m away from the experimenter' ($h^2 = 0.02 \pm 0.15$). Fear of humans was not associated with litter size (Hemsworth et al., 1990). Van Erp-van der Kooij et al. (2002) estimated significant correlations between coping style in the backtest and the human approach test. Brown et al. (2009) found no significant agreement between human approach tests, which were repeated at intervals of 3 to 4 days, at 23 weeks old pigs.

Velie et al. (2009) tested 150 day old pigs with the human approach test. During the test the time was taken for each pig to make snout contact with the unfamiliar human during a five minutes lasting observation period. A repeatability of 17% was found for this trait. The estimated heritability did not differ from zero (Velie et al., 2009).

Hellbrügge et al. (2009) observed the behaviour of 638 gilts, which were group housed in the mating center. The body position of the gilts was registered before the observer entered the pen. The observer remained for five minutes in the pen, and afterwards the body position of each gilt was registered again. The response of the gilts towards the observer was noted on a scale from 1 (no response, no change in body position) to 5 (very strong response, strong change in body position). The heritability estimated for this trait was $h^2 = 0.09$. Gilts which displayed only low response towards human presence showed fewer still born and crushed piglets in their first litter (Hellbrügge et al., 2009).

A further measurement, which can be used as selection criteria for fear in sows, is the avoidance of stockpersons (Grandinson et al., 2003; Gäde, 2007). Grandinson et al. (2003) measured the sows' reaction towards the separation of her litter by means of scoring if the sow moved towards the stockperson, did not move or moved away from the stockperson. The estimated heritability for this traits was of a low magnitude ($h^2 = 0.08$). There was a moderate genetic correlation between the avoidance of the stockperson and piglet mortality, indicating that high levels of fear were associated with higher piglet losses (Grandinson et al., 2003). In a questionnaire of Gäde et al. (2008) the behaviour attitude of sows towards stockpersons entering for piglet handling the farrowing pen was evaluated (fearful/jumpy, normal/tolerant, aggressive/biting) on 32 farms. A low heritability of $h^2 = 0.06$ was estimated. The parity number of the sow and the farm had a significant effect on this trait (Gäde et al., 2008). The majority of the sows behaved quite normal and was tolerant. In a study of Lensink et al. (2009b) the numbers of crushed piglets tend to be correlated with withdrawal reaction of sows towards humans before farrowing.

Novel object test

The novel object test is performed standalone or in combination with other behaviour tests, such as the novel arena test (Spooler et al., 1996; Van Erp-van der Kooij et al., 2002) and can take place in the home pen (Forkman et al., 1995; Van Erp-van der Kooij, 2003). It is used to test general fearfulness and exploratory behaviour directed towards a novel

object (Brown et al., 2009), with individuals that contact the novel object rapidly assumingly being less fearful (Boissy and Bouissou, 1995).

The novel object, which is typically introduced by a human, is normally a brightly coloured object such as a bucket or plastic ball, but can be even an unfamiliar odour (Jones et al., 2000). In general pigs were tested individually around one to 12 weeks after weaning (Forkman et al., 1995; Spoolder et al., 1996; Van Erp-van der Kooij et al., 2002; Janczak et al., 2003; Tönepöhl et al., 2012) or at older age (Velie et al., 2009). The size of the test arena ranged from eight to 26 m² for piglets and gilts. The habituation period lasted at maximum of three to five minutes (Van Erp-van der Kooij, 2003; Forkman et al., 2007). Most commonly recorded variables included the 'time taken for first snout contact', 'number of contacts', 'duration of every contact', 'attention and exploration without physical contact'.

Consistency in the pigs' response to novel objects over time varies across studies, likely reflecting in a part a lack of test performance standardisation, such as between-test time intervals. Within-test repeatability has been found both non-existent (Velie et al., 2009; Brown et al., 2009) and existent (Hessing et al., 1994; Spoolder et al., 1996; Van Erp-van der Kooij et al., 2002). The results of Brown et al. (2009) showed that the individual behaviour in the novel object test was not consistent over time. Novel object test outcomes were consistent with behaviour in the human approach test (Van Erp-van der Kooij et al., 2002; Janczak et al., 2003; Velie et al., 2009), though Janczak et al. (2003) found a significant correlation only in eight week old piglets, but not in 24 week old animals, and no correlations were detected by Brown et al. (2009).

Novel object test behaviour in pigs has not been demonstrated to be heritable (Velie et al., 2009), but the number of crushed piglets at first farrowing was correlated with the latency to approach a novel object at six months of age (Lensink et al., 2009a). Findings clearly differ regarding the consistency of pigs' responses to novel objects, and the genetic basis of novel object test behaviour, but reports on within test and between (fearfulness) test consistency and association with crushed piglets, suggesting that fear is a major limiting factor of productivity.

Human directed aggression in pigs

Stockperson directed aggression in sows of which litters were handled have been recorded as a binary trait (Grandinson, 2003; Løvendahl et al., 2003). In other studies the trait stockperson directed aggression was evaluated with scores (Marchant-Forde, 2002; Vangen et al., 2005; Baxter et al., 2011) or/and with the help of a questionnaire (Vangen et al., 2005; Gäde et al., 2008).

In a study of Van Erp-van der Kooij et al. (2003) a sow was classified as 'aggressive', if she reacted hostile (e.g. vocalised, jumped up), when one of her piglets was taken out of the farrowing pen. Marchant-Forde (2002) and Løvendahl et al. (2005) classified a sow as aggressive, when she tried to attack a person and would readily bite the person if approached (Marchant-Forde, 2002).

Aggressions in sows could potentially be associated with favourable reproductive traits as, for example, some farmers link increased maternal protectiveness with good maternal care after farrowing. Challenging the benefits of aggression is that no relation was found between stockperson directed aggression and piglet mortality, indicating that aggressive sows are not more successful mothers (Marchant, 1998). The nature of human directed aggression of pigs may be maternal protectiveness, (fear) defensive or (offensive) dominance (Marchant-Forde, 2002; Grandinson et al., 2003; Gäde, 2007).

Stockperson directed aggression was displayed with some consistency within lactation and between subsequent lactations, but it was unrelated to piglet survival (Marchant-Forde, 2002). In this study the stockperson directed aggression during piglet weighting at birth, 7th day post partum and 14th day post partum was scored on a 5-point-scale (non aggressive behaviour to extremely aggressive). Nevertheless, highly aggressive gilts had better newborn growth rates (Marchant-Forde, 2002). No effect of aggressiveness, which was called 'maternal defensiveness' in the study of Baxter et al. (2011), was found on prenatal or postnatal mortality of the piglets. Baxter et al. (2011) suggested an interaction between maternal defensiveness and environment, with higher defensiveness in alternative housing systems.

Maternal behaviour traits in the farrowing unit

Separation test

One indicator for maternal care is the responsiveness of the sow towards her offspring. The newborn piglets are completely dependent on their dam for access to colostrum or milk, but at the same time the sow constitutes the greatest risk factor for piglet's health and welfare (Grandinson et al., 2003). Maternal responsiveness towards the piglets and the activity of the sow varies after birth (Pedersen et al., 2003).

Separation tests record a sow's reactions to being separated from its litter, or latency to re-establish contact with it, and different methods used so far are discussed next. The experimental setups of testing this behaviour pattern vary. In the following some commonly used tests will be explained:

Separation of the sow from the litter

One version of the separation test starts with the relocation of the sow and investigates how the sow responds towards an empty home pen and the re-union with its piglets. The test can be recorded under experimental conditions (Pitts et al., 2002; Andersen et al., 2005) or can be integrated into the daily workflow of a pig farm, e.g. in connection with moving of the sow (Herskin et al., 1998; Thodberg et al., 2002).

Herskin et al. (1998) and Thodberg et al. (2002) performed the separation test at days 13 to 15 after farrowing, when most of the sows were moved from 'get-away-pens' to conventional farrowing crates in another section of the pig house. In these studies the impact of floor type and substrate type on the response of the sows towards their litter was tested. On days 13 to 15 after farrowing the latency to recognition of their own piglets during separation from the litter was shorter for sows with access to a larger variety of environmental stimuli than for sows on concrete floor (Herskin et al., 1998). The results suggest that the provision of environmental stimuli and higher comfort to the sow might increase maternal bonding and maternal responsiveness and therewith favour survival of the piglets (Herskin et al., 1998; Thodberg et al., 2002). Thodberg et al. (2002) found that the sows' latency to find her piglets was affected by the frequency of piglet vocalisation. In a study by Andersen et al. (2005) sows were categorized as 'non-crushers' and 'crushers', with the latter not having crushed any of their piglets within the first four days after

farrowing and the latter having crushed two or more. The sows' responses to separation followed by reunion with their litter did not differ significantly between the two categories of sows.

In the aforementioned studies only few animals (≤ 40 sows) were tested, meaning that especially negative outcomes are not informative. An overview of the different behavioural test designs of the separation test, which vary greatly, is given in Table 2. No genetic parameters of the evaluation traits of the separation test could be found in literature.

Table 2: Overview of test designs of studies describing tests based on separation of the sow from the litter

Author	Test design	Observed traits	Animals	Time of recording
Herskin et al., 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Test conducted when sows were transferred from get-away-pens to conventional crates • the litter was transferred to a separate part of the building • after approximately 3 minutes the sow was allowed to follow her litter • testing started, when the sow entered a marked section of the central alley • test lasted for 3 minutes • an observer stood outside the test area and recorded the traits by time sampling in 10-second intervals 	<p>latency to recognition of the litter,</p> <p>total number of sow vocalisations and frequency of sow vocalisation before recognition</p>	<p>Nine replications of four nonrelated multiparous sows (2nd to 9th parity), crossbred Danish Landrace-Yorkshire</p>	<p>Days 13 to 15 pp; between 13:00 and 15:00 p.m.</p>
Pitts et al., 2002	<ul style="list-style-type: none"> • while sow was away from her home pen, her litter was removed and placed in a separate room • interest of the sow was recorded immediately when she was returned to the empty home pen (three classes) • time, sow spent standing with nose in the empty piglet creep area • the litter was placed back into the sow's pen and the behaviour of the sow was recorded for two minutes or until she commenced nursing • traits were recorded after litter return 	<p>time spent nosing by the sow among introduced piglets,</p> <p>latency to nurse,</p> <p>length of nursing bout</p>	<p>22 sows</p>	<p>Day 3, 20 and 27 pp</p>

Author	Test design	Observed traits	Animals	Time of recording
Thodberg et al., 2002	<ul style="list-style-type: none"> • test, when sows were transferred from get-away-pens to farrowing crates in another farrowing section of the pig house • farrowing section with two rows of four farrowing crates • piglets were positioned in one of the pens in the middle of the farrowing section • after three to five minutes the sow was allowed to follow • test starts when sow entered the farrowing section • test duration: 180 seconds • traits were recorded by instantaneous sampling every 10 seconds 	Position of the sow, the number of grunts emitted by the sow and level of piglets vocalisation, first contact of the sow towards her piglets was recorded	40 sows Danish Landrace/Yorkshire sows	Days 13, 14 or 15 pp
Andersen et al., 2005	<ul style="list-style-type: none"> • test lasted for 2 x 10 minutes • the sow was moved from her home pen to a separate pen, from where she could not see her piglets • piglets were removed from the home pen and put into a separate room • sow was moved back into her home pen • sow was left alone for 10 minutes in the empty home pen • sow is taken out again in a separate pen and her piglets were put back into the home pen • sow was let back into the home pen 	<p>After removing the litter: time sow spent looking out of the empty pen, nosing the pen and latency to enter a resting position was recorded</p> <p>after reunion with the piglets: time spent nosing and the latency to present the udder were recorded</p>	11 sows, that had not crushed any of their piglets and 11 sows, that had crushed two or more of their piglets, (2nd to 4th parity)	Days 7 and 8 pp

Separation of the litter from the sow

In another version of the separation test the piglets are taken away from the home pen and sow. This test is generally conducted in connection with routine treatment of the piglets, such as teeth clipping and tail docking, weighting, iron supplementation and/or castration (Grandinson et al., 2003; Hellbrügge et al., 2008; Lensink et al., 2009b). If no piglets were castrated in a litter or no iron supplementation was given, the stockpersons were instructed to pick up the piglets anyway, hold them and, if necessary, squeeze them lightly until they screamed (Grandinson et al., 2003). The body position of the sows (e.g. lie on side, lie on belly, sit, stand; Grandinson et al., 2003) is typically recorded at the start of the test, and sometimes when piglets have returned, with change in posture following the separation from the litter defining the sow's response (Grandinson et al., 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008; Lensink et al., 2009b; Wischner, 2009; Tönepöhl, 2012).

Grandinson et al. (2003) found a significant influence of the person performing the handling on the response of the sow in the handling test. In this study a heritability of $h^2 = 0.01$ could be estimated for the difference between sow posture after and before the test. A likewise low heritability ($h^2 = 0.11$) for the body reaction towards their piglets being handled was calculated by Løvendahl et al. (2003). The reaction of the sow towards handling her piglets and performed aggression were genetically correlated, so that more aggressive sows were stronger responding mothers (Løvendahl et al., 2003).

Sows respond differently to the removal of the litter depending on the time since farrowing. When comparing responses 24 hours after birth with those two to three weeks later, sows were more responsive towards the second separation of their piglets (Hellbrügge et al., 2008; Wischner, 2009; Tönepöhl, 2012). The reaction of the sows at the first separation test can be influenced by weakness of the sows due to recent parturition (Hellbrügge et al., 2008; Wischner, 2009; Tönepöhl, 2012). Hellbrügge et al. (2008) estimated a heritability of $h^2 = 0.09$ for the first separation test and $h^2 = 0.06$ for the second separation test. More aggressive sows at mixing of unfamiliar conspecifics were more responsive at the first and second separation test (Hellbrügge et al., 2008). Sows that were involved in more agonistic interactions with their conspecifics were less active /aggressive at second separation test (Tönepöhl, 2012). A negative genetic correlation was found between the first separation test and the number of live born piglets, indicating that

more reactive sows have fewer live born piglets in their litters. More responsive sows also had fewer stillborn piglets (Hellbrügge et al., 2008). Sows, which were more reactive at the first separation test, crushed more of their piglets during the first three days (Hellbrügge et al., 2008). A low genetic correlation was found between the reaction at the second separation test and the survival rate of the piglets, giving the hint that more responsive sows at the second separation test, which want to protect their piglets, were more careful with their piglets during lactation (Hellbrügge et al., 2008).

'Piglet scream test' - Sow's reaction towards acoustic stimuli

In the literature there are early indications that sows differ individually in their reactions towards piglet screams (Cronin and Cropley, 1991; Hutson et al., 1991; Wechsler and Hegglin, 1997). Signoret et al. (1975) reported that some sows showed a strong response towards squeals of their litter, whereas other sows did not react. The piglet scream test is used to test the sow's reaction to a distress call of a piglet, as when it is being crushed under the sow (Thodberg et al., 1998). Hutson et al. (1991) showed that piglet's scream is the most important stimulus that the sow responds to when lying on a piglet, while tactile stimuli were less important. The design of the piglet scream test varies between the studies, but mostly a recorded sound of a screaming piglet was played when the sow was about to lie down or already lied down. The sow's response to piglet scream was recorded in categories or as the time lag until the sow showed a response (e.g. Cronin and Cropley, 1991; Hutson et al., 1991; Wechsler and Hegglin, 1997; Thodberg et al., 2002).

The response of the sow seemed to be an 'all or nothing' response, where 58% to 60% of the sows reacted towards piglet squeals (Cronin and Cropley, 1991, Hudson et al., 1991; Wechsler and Hegglin, 1997). Previous experience to sound of screaming piglets did not seem to influence the response of the sow, as gilts did not respond differently compared to higher parity sows (Hutson et al., 1992). There is an effect of the housing system on the reaction of the sows, in 'get-away-pens' the sows reacted faster compared to crates, irrespective of parity (Thodberg et al., 2002). However, Illmann et al. (2002) observed that sows responded with more vocalisation to the playback of their own piglets than to the playback of alien piglet voices. Piglet calls seem to contain acoustic cues that are litter-specific, and that sows are able to recognise their litter based on these cues (Illmann et al., 2002).

The sow's maximum body response to the distress call of a piglet was analysed in some studies (Grandinson et al., 2003; Løvendahl et al., 2003; Hellbrügge et al., 2008; Wischner, 2009), whereas the scoring of the reaction differed. The reaction of the sows was scored in four to five categories (Grandinson et al., 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008; Wischner, 2009). In other studies the authors recorded the latency from presentation of the piglet distress call to first postural response of the sow (Thodberg et al., 1999; Pitts et al., 2002; Andersen et al., 2005; Held et al., 2006). No phenotypic correlation was found between the response towards the piglet scream test and piglet mortality during the first days after farrowing. The genetic correlation between these two traits lead to the suggestion that a strong response in the piglet scream test is genetically associated with a higher piglet survival rate during the first days of lactation (Grandinson et al., 2003). Andersen et al. (2005) classified the sows into two classes: sows, which had not crushed any of their piglets ('non-crushers') and sows, which had crushed two or more of their piglets during the first four days after farrowing. 'Non-crushers' tended to respond sooner to the recorded piglet squeals than 'crushers' and initiated significantly sooner nose contact with a piglet after the piglet scream test. There was no evidence for a relationship between the response of the sow at the test and piglet mortality (Held et al., 2006). In a study of Hellbrügge et al. (2008) the reaction of the sow towards the piglet scream test was not negatively correlated with the number of live born piglets, and even was not negatively correlated with the survival rate of the piglets. A negative correlation was found between the response of the sows towards piglet squeals and runting (Table 3). This might be a hint, that strong responding sows have a greater ability to produce milk and therefore have fewer runts at weaning (Hellbrügge et al., 2008).

For the piglet scream test low heritabilities are reported in the literature. Grandinson et al. (2003) estimated a heritability of $h^2 = 0.06$, which indicates that variation in response to the scream test is mainly influenced by environmental factors. A heritability of $h^2 = 0.13$ for the reaction of the sow towards a piglet distress call was analysed by Hellbrügge et al. (2008). Despite the low heritabilities and indifferent results, selection seems to be possible due to sufficient variation in this trait and desired correlations between the reaction towards piglet squeals and piglet mortality.

In some studies a control acoustic stimulus was used in addition to the piglet scream test. Hutson et al. (1991) tested three sounds: a piglet distress call, sound of a sow grunting

during a nursing bout and a recording of background noise from the dry sow house. Sows showed a significant response to playback of auditory stimuli, but the sows respond stronger towards squeals than to shed noise or sow grunt (Hutson et al., 1991). Wechsler and Hegglin (1997) used as control stimulus a bird call. Only 15% of the sows reacted towards the control sound, whereas 58% showed a response towards piglet squeals (Wechsler and Hegglin, 1997), even Held et al. (2006) found a significantly stronger response towards piglet screams. Hellbrügge et al. (2008) performed approximately half an hour after the piglet scream test a music test, here popular music was played for the same period of time and loudness as in the scream test. The sow's response towards music ($h^2 = 0.14$) has a negative effect on the number of live born piglets, but has a positive effect on the survival rate (Hellbrügge et al., 2008). Nevertheless the question arises how far a strong reaction to an acoustic stimulus leads to good maternal behaviour.

Sow's reaction towards tactile stimulus

The sow's response towards tactile stimuli was tested in several studies. Piglets are strongly motivated to stay at the udder, which increases the risk of being crushed and makes the piglet survival depends on the care and attention of their dam (Cronin and Cropley, 1991). The sow's response to tactile stimuli a piglet supposedly assesses the latter. In behaviour tests a model piglet or a similar object is pushed underneath the udder of the sow prior to lying down (Cronin and Cropley, 1991; Hutson et al., 1991; Herskin et al., 1998). This test was carried out in combination with other tests such as the piglet scream test. Cronin and Cropley (1991) used in their test a model piglet attached to a black polythene pipe, which was introduced into the pen and underneath the udder when primiparous sows commenced lying. A significant standing response to the tactile stimulus was found in a study of Hutson et al. (1991). In this study the response of a sow towards a control model piglet, measuring 10 x 30 cm and different fillings, was tested. Variation in model texture, softness, temperature and shape were of no influence on the sow's responses.

Model position was the only treatment which affected the response of the sows toward the model prior to lying. Sows were more responsive to models inserted at the front than the middle or rear (Hutson et al., 1991).

Table 3: Overview of genetic correlation between behaviour traits and reproduction traits

Traits	NBA	CRUSH	SR	AGGR
SCREAM	-0.24 ± 0.31 (Grandinson et al., 2003)	-0.16 ± 0.32 (Grandinson et al., 2003)	0.08 ± 0.21 (Hellbrügge et al., 2008)	-0.21 ± 0.18 (Hellbrügge et al., 2008)
		-0.03 ± 0.21 (Hellbrügge et al., 2008)		
SEPARATION		0.26 ± 0.36 at 1st test (Hellbrügge et al., 2008)	0.14 ± 0.28 at 1st test (Hellbrügge et al., 2008)	0.40 ± 0.12 at 1st test (Hellbrügge et al., 2008)
		-0.10 ± 0.33 at 2nd test (Hellbrügge et al., 2008)	0.44 ± 0.31 at 2nd test (Hellbrügge et al., 2008)	0.10 ± 0.18 at 2nd test (Hellbrügge et al., 2008)
				-0.34 ± 0.29 (Løvendahl et al., 2005)
AVOIDANCE	0.37 ± 0.34 (Grandinson et al., 2003)	0.27 ± 0.34 (Grandinson et al., 2003)		

SCREAM = Behaviour of sow at Piglet scream Test; SEPARATION = Behaviour of sow at separation test; AVOIDANCE = Avoidance of stockperson, when litter was handled; AGGR = Agonistic behaviour at mixing of unfamiliar sows; SR = Survival rate of piglets; NBA = number of piglets born alive

Nursing behaviour

Milk transfer from the mother to their offspring is a useful measure of maternal investment (Puppe and Tuchscherer, 2000). Between birth and weaning, the nursing behaviour of the sow changes, with a gradual decrease in maternal investment (Farmer and Robert, 2006).

Normally a sow will lie down to nurse every 45 to 80 minutes depending on the stage of lactation (e.g. Jensen et al., 1991; Spinka et al., 1997; Valros et al., 2002; Wallenbeck et al., 2008). Spinka et al. (1997) demonstrated that it takes 35 minutes to refill the mammary gland after a nursing. The nursing period has been reported to last on average of about six minutes, the range being from two to 16 minutes (Ellendorff et al., 1982; Algers et al., 1991; Wallenbeck et al., 2008) and longer in early lactation (Watson and Bertram, 1980). As lactation advances, the interval between nursing bouts lengthen and more nursing bouts are ended by the sow rather than the litter (Bøe, 1991; Puppe and Tuchscherer, 2000; Pitts et al., 2002; Farmer and Robert, 2006; Andersen et al., 2011). The maternal investment increases during the first days of lactation and the maximum is reached at 8.5 days after farrowing (Puppe and Tuchscherer, 2000). The time milk is available for the piglets is only approximately 10 to 20 seconds (Fraser, 1980), due to the lack of teat cisternae.

The aim of the study from Thodberg and Jensen (2005) was to validate an existing test for willingness of sows to nurse her litter and to find a test situation in which maximum variation in nursing motivation of sows was displayed. The sow's willingness to nurse was influenced by the interval since last successful nursing, level of hunger of the sow and activity of the piglets (Thodberg and Jensen, 2005). The sows and piglets were isolated for different durations (70, 100 or 130 minutes), but still in visual and auditive contact. After the separation time the sows were reunited with their litter and given a small amount of feed. The latency until lateral recumbency was measured. In sows, fed a normal ration, the interval since last nursing did affect the latency to assume lateral recumbency. In hungry sows no effect of the previous nursing interval could be estimated, due to the motivation to eat exceeding the motivation to nurse in these sows. Furthermore the latency to assume nursing position was shorter when piglets were more active (Thodberg and Jensen, 2005).

The impact of sow nursing grunts on nursing behaviour was studied by several authors (Cronin et al., 2001; Spinka et al., 2004; Fisetete et al., 2004; Farmer and Robert, 2006). Playback of sow nursing grunts increased piglet growth when broadcasted at 42-minute intervals (Cronin et al., 2001). The playback of nursing sounds increased neither the nursing frequency nor the nursing synchronisation (Spinka et al., 2004). Sow nursing grunts at intervals of 35 minutes decreased the intervals between successful nursings on day 18 of lactation, but not on days 6 or 26, without altering piglet growth (Fisetete et al., 2004). Meishan-derived pigs have been shown to be more responsive to nursing grunt playbacks than Yorkshire x Landrace sows, meaning playback effects on nursing behaviour are genotype dependent (Farmer and Robert, 2006).

Discussion

Maternal ability is a complex trait, of which the behaviour of the sow is one aspect. The maternal behaviour is important for litter performance during the preweaning period and support piglet survival and growth, thus improving animal productivity and welfare.

A wide range of traits, such as birth weight, early growth or survival rate of the piglets, are quite easy to record. These traits are subject to high maternal genetic influences (van Arendonk et al., 1996; Roehe, 1999; Grandinson et al., 2002; Grandinson, 2003; Hellbrügge et al., 2008) and are therefore useable to describe maternal ability. Heritabilities of the traits related to piglet survival are generally low (Grandinson, 2003; Hellbrügge et al., 2008). However, the genetic variation is large enough to provide possibilities for improvement through selection (Knol et al., 2002; Su et al., 2008; Roehe et al., 2009). Unfortunately there is an unfavourable correlation between litter size and piglet survival (Roehe and Kalm, 2000; Hellbrügge, 2007, reviewed by Rutherford et al., 2013). Therefore genetic selection schemes for lean growth rate and prolificacy conducted in pig dam lines at the end of the last century led to increased piglet mortality around farrowing (Tribout et al., 2003; Canario, 2006). Notwithstanding, data from Denmark (Nielsen et al., 2013) and The Netherlands (Merks et al., 2010) are encouraging and suggest piglet mortality can be reduced simultaneously with increasing litter size. However, neonatal mortality remains a serious problem.

Piglet survival is affected by two genetic components: firstly, direct genetic effects on the potential of the piglet for survival (e.g. differences in adaptive behaviour, body reserves) and secondly, maternal genetic effects on the maternal potential to provide optimal conditions for piglet survival (e.g. milk quality and quantity, number of teats, carefulness at changes of body position, aggressiveness) (Arango et al., 2006; Su et al., 2008; Roehe et al., 2009; Kapell et al., 2011). Complicating this situation, negative correlations between direct and maternal genetic effects for survival traits have been estimated (van Arendonk et al., 1996; Knol et al., 2002; Arango et al., 2006; Su et al., 2008; Ibáñez-Escriche et al., 2009; Kapell et al., 2011), though Ibáñez-Escriche et al. (2009) reported on a in this case a positive correlation within a Large White population.

For the trait 'piglet birth weight' low to moderate heritabilities could be estimated (Roehe, 1999; Grandinson et al., 2002; Grandinson, 2003; Hellbrügge et al., 2008), and there is a favourable correlation between birth weight and mortality (Roehe, 1999; Grandinson et al., 2002; Grandinson, 2003; Hellbrügge et al., 2008). Roehe and Kalm (2000) showed that the most important risk factor that affects pre-weaning mortality is the piglet's individual birth weight. Birth weight might therefore be used to improve piglet survival at birth indirectly.

A larger litter size is connected with lower birth weights on average (Johnson et al., 1999; Damgaard et al., 2003; Wolf et al., 2008), so that there is a limit in how far litter size and birth weight can be increased simultaneously (Kapell et al., 2011). Another option would be a reduction in variation of piglets' birth weight around an optimum birth weight. This might lead to further improvement in the survival rate (Damgaard et al., 2003; Roehe, 2003; Canario et al., 2006).

The behaviour of the sow could allow measuring the trait maternal ability directly and various behaviour tests are available to characterise relevant behaviour traits in sows. Many of the behaviour traits that indicate maternal behaviour are quite difficult and time consuming to record (Canario et al., 2014). Little is known about the genetic trends in sow maternal behaviour associated with genetic selection for both lean growth rate and prolificacy. Canario et al. (2014) stated that the genetic trends show that sow and piglet behaviours at farrowing have changed. Sows activity at farrowing differed between old-type sows and modern-type sows, suggesting an increased sensity to stress in modern-type sows. In the past selection pressure for many aspects of maternal behaviour may have

been reduced due to restraint of sows for many generations in farrowing crates (Kirkden et al., 2013).

Modern pig breeding can no longer focus just on economically important traits. Non-economical values, such as emotion and social values, will gain importance next to economical values in the breeding programs of pigs (Kanis et al., 2005). Public concern regarding animal farming, especially animal welfare, has grown over the last years. People became more critical about these topics. The serious public discussion regarding animal welfare and health in these intensive production systems (Lassen et al., 2006; Boogaard et al., 2011), as well as the increasing popularity of alternative systems, may lead to major changes in pig production. Farming practices that raise concerns such as castration and tail docking are or will be banned, and in future the use of restraint systems might be limited. Farrowing crates, as well as crates in the service centre, have been criticised for reducing the welfare of the sows. Loose housing systems will present new challenges to the animals as well as farmers. Alternative housing systems in the farrowing unit will offer less protection to the piglets. The number of pig farms in Western Europe has decreased in the last years, while the herd sizes on the remaining farms have increased. As a result individual care of sows and piglets, especially needed during and after farrowing, might not be always provided.

Piglet mortality tends to become a greater problem especially in loose-housed sows (Damm et al., 2005). Therefore sows have to be more careful at changes of body position or lying down and be less aggressive towards their piglets. A good farrowing behaviour of the sow without assistance is necessary; sows should even have a good reaction towards piglet squeals and tactile stimuli, as well as non-aggressive behaviour towards stockpersons at management routines. Nevertheless, in more extensive systems sows were kept unrestrained and were allowed to perform natural maternal behaviour, but if the sow fails, the housing system could not compensate her lack of maternal ability (Valros, 2003). These developments in pig farming will highlight solutions utilising biological mechanisms such as the maternal behaviour of dam and traits of the offspring, which e.g. promote piglet survival (Edwards, 2002). Results of different studies suggest that breeding for maternal ability under field conditions is possible (Grandinson, 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008), but further research in this field is needed.

Conclusions

Due to increasing production unit sizes the opportunities for individual care of sows and piglets, especially needed during and after farrowing, is greatly reduced. This may lead to higher piglet losses. However, more extensive housing systems offer sows more opportunities to perform natural maternal behaviour. Therefore, based on the current trends in pig production, sows' maternal behaviour will come more into focus. Good maternal ability will not only decrease the number of crushed piglets but will at the same time also increase animal welfare.

A wide range of behaviour tests were developed to characterise maternal behaviour in sows. Sows' maternal behaviour may be difficult to change by selection because the traits are in general lowly heritable. The results of previous studies suggest that breeding for mothering ability under field conditions is possible if scoring of behaviour follows a clear scheme, even estimated heritabilities are low. Further investigations have to focus on new tests and/or traits (either direct or indirect) for maternal ability and their correlation with production traits.

Acknowledgements

The study was a part of the project "investigations of possibilities to integrate behaviour traits in pig breeding programmes" funded by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (PGI-06.01-28-1-35.026-08).

References

Algers, B., Rojanasthien, S., Uvnäs-Moberg, K., 1990. The relationship between teat stimulation, oxytocin release and grunting rate in the sow during nursing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26, 267-276.

- Algers, B., Madej, A., Rojanasthien, S., Uvnas-Moberg, K., 1991. Quantitative relationships between suckling-induced teat stimulation and the release of prolactin, gastrin, somatostatin, insulin, glucagon and vasoactive intestinal polypeptide in sows. *Vet. Res. Commun.* 15, 395-407.
- Andersen, I. L., Berg, S., Boe, K. E., 2005. Crushing of piglets by the mother sow- purely accidental or a poor mother? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 229-243.
- Andersen, I. L., Nævdal, E., Bøe, K. E., 2011. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 1159-1167.
- Arango, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Culbertson, M., Holl, J. W., Herring, W., 2006. Genetic study of individual preweaning mortality and birth weight in Large White piglets using threshold-linear models. *Livest. Sci.* 101, 208-218.
- Bäurle, H., Schnippe, F., 2012. Ferkelzahlen: Wo stehen wir 2015? *Schweinezucht und Schweinemast (SUS)* 5, 14-16.
- Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., Cronin, G. M., Jongman, E. C., Hutson, G. D., 2001. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 1-28.
- Baxter, S. H., 1984. *Intensive Pig Production: Environmental Management and Design*. Granada Publishing Ltd., London, UK, 588pp.
- Baxter, E. M., Jarvis, S., Sherwood, L., Farish, M., Roehe, R., Lawrence, A. B., Edwards, S. A., 2011. Genetic and environmental effects on piglet survival and maternal behaviour of the farrowing sow. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 130, 28-41.
- Benus, R. F., Bohus, B., Koolhaas, J. M., van Oortmerssen, G. A., 1991. Heritable variation for aggression as a reflection of individual coping strategies. *Experientia* 47, 1008-1019.
- Bøe, K., 1991. The process of weaning in pigs: when the sow decides. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 47-59.
- Boissy, A., Bouissou, M. F., 1995. Assessment of individual differences in behavioural reactions of heifers exposed to various fear-eliciting situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46, 17-31.

- Boogaard, B. K., Boekhorst, L. J. S., Oosting, S. J., Sorensen, J. T., 2011. Socio-cultural sustainability of pig production: Citizen perceptions in the Netherlands and Denmark. *Livest. Sci.* 140, 189-200.
- Brown, J., 2009. Effects of Temperament and Handling Experience on the Stress Response and Meat Quality of Pigs. Dissertation. University of Guelph, Canada.
- Brown, J. A., Dewey, C., Delange, C. F. M., Mandell, I. B., Purslow, P. P., Robinson, J. A., Squires, E. J., Widowski, T. M., 2009. Reliability of temperament tests on finishing pigs in group-housing and comparison to social tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 28-35.
- Canario, L., Roy, N., Gruand, J., Bidanel, J. P., 2006. Genetic variation of farrowing kinetics traits and their relationship with litter size and perinatal mortality in French Large White sows. *J. Anim. Sci.* 84, 1053-1058.
- Canario L., Bidanel J.-P. Rydhmer L., 2014. Genetic trends in maternal and neonatal behaviors and their association with perinatal survival in French Large White swine. *Front. Genet.* 5, 410.
- Cronin, G. M., Cropley, J. A., 1991. The effect of piglet stimuli on the posture changing behaviour of recently farrowed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30, 167-172.
- Cronin, G. M., Leeson, E., Cronin, J. G., Barnett, J. L., 2001. The effect of broadcasting sow suckling grunts in the lactation shed on pig growth. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14, 1019-1023.
- Damgaard, L. H., Rydhmer, L., Løvendahl, P., Grandinson, K., 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in within-litter variation during suckling. *J. Anim. Sci.* 81, 604-610.
- Damm, B. I., Pedersen, L. J., Heiskanen, T., Nielsen, N. P., 2005. Longstemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit: effects on sow behaviour, and on piglet mortality and growth. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92, 45-60.
- D'Eath, R. B., Roehe, R., Turner, S. P., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lawrence, A. B., 2009. Genetics of animal temperament: aggressive behaviour at mixing is genetically associated with the response to handling in pigs. *Animal* 3, 1544-1554.

- de Sevilla, X. F., Casellas, J., Tibau, J., Fabrega, E., 2009. Consistency and influence on performance of behavioural differences in Large White and Landrace purebred pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 117, 13-19.
- Edwards, S. A., Smith, W. J., Fordyce, C., MacMenemy, F., 1994. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outside. *Vet. Rec.* 135, 324-327.
- Edwards, S. A., 2002. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solution? *Livest. Prod. Sci.* 78, 3-12.
- Ellendorf, F., Forsling, M. L., Poulain, D. A., 1982. The milk ejection reflex in the pig. *J. Physiol.* 333, 577-594.
- English, P. R., Smith, W. J., 1975. Some causes of death in neonatal piglets. *Vet. Annu.* 15, 95-114.
- Erhard, H. W., Mendl, M., Christiansen, S. B., 1999. Individual differences in tonic immobility may reflect behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 64, 31-46.
- Farmer, C., Robert, S., 2006. Behavioural responses of sows and piglets from two genotypes to recorded nursing grunts played throughout lactation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 33-42.
- Fisette, K., Laforest, J. P., Robert, S., Farmer, C., 2004. Use of recorded nursing grunts during lactation in two breeds of sows. I. Effects on nursing behaviour and litter performance. *Can. J. Anim. Sci.* 84, 573-579.
- Forkman, B., Furuhaug, I. L., Jensen, P., 1995. Personality, coping patterns, and aggression in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45, 31-42.
- Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M. C., Canali, E., Jones, R. B., 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92, 340-374.
- Fraser, D., 1980. A review of the behavioural mechanism of milk ejection of the domestic pig. *Appl. Anim. Ethol.* 6, 247-255.
- Fraser, D., 1990. Behavioural aspects on piglet survival. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 40, 355-370.
- Gäde, S., 2007. Estimates of genetic parameters for functional traits in dairy cows and sows. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Gäde, S., Bennewitz, J., Kirchner, K., Looft, H., Knap, P. W., Thaller, G., Kalm, E., 2008. Genetic parameters for behaviour traits in sows. *Livest. Prod. Sci.* 114, 31-41.

- Grandinson, K., Lund, M. S., Rydhmer, L., Strandberg, E., 2002. Genetic parameters for the piglet mortality traits crushing, stillbirth and total mortality, and their relation to birth weight. *Acta. Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 52, 167-173.
- Grandinson, K., 2003. Genetic aspects of maternal ability in sows. Dissertation. Acta Universitatis agriculturae Sueciae, Uppsala, Sweden.
- Grandinson, K., Rydhmer, L., Strandberg, E., Thodberg, K., 2003. Genetic analysis of on-farm tests of maternal behaviour in sows. *Livest. Prod. Sci.* 83, 141-151.
- Hellbrügge, B., 2007. Genetic aspects of piglet losses and the maternal behaviour of sows. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Hellbrügge, B., Tölle, K.-H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 2. Genetic relationship between maternal behaviour in sows and piglet mortality. *Animal* 2, 1281-1288.
- Hellbrügge, B., Presuhn, U., Krieter, J., 2009. A note on genetic parameters of gilt responses to humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121, 153-156.
- Held, S., Mason, G., Mendl, M., 2006. Maternal responsiveness of outdoor sows from first to fourth parities. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98, 216-233.
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., Hansen, C., 1986. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 15, 303-314.
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., Hansen, C., 1987. The influence of inconsistent handling by humans on the behaviour, growth and corticosteroids of young pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17, 245-252.
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., 1990. Behavioural responses affecting gilt and sow reproduction. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 40, 343-354.
- Hemsworth, P. H., Barnett, J. L., Treacy, D., Madgwick, P., 1990. The heritability of the trait fear of humans and the association between this trait and subsequent reproductive performance of gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 25, 85-95.
- Hemsworth, P. H., Pedersen, V., Cox, M., Cronin, G. M., Coleman, G. J., 1999. A note on the relationship between the behavioural response of lactating sows to humans and the survival of their piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65, 43-52.

- Herskin, M. S., Jensen, K. H., Thodberg, K., 1998. Influence of environmental stimuli on maternal behaviour related to bonding, reactivity and crushing of piglets in domestic sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58, 241-254.
- Hessing, M. J. C., Schouten, W. G. P., Wiepkema, P. R., Tielen, M. J. M., 1994. Implication of individual behavioural characteristics on performance in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 40, 187-196.
- Hutson, G. D., Wilkinson, J. L., Luxford, B. G., 1991. The response of lactating sows to tractile, visual and auditory stimuli associated with a model piglet. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32, 129-137.
- Hutson, G. D., Argent, M. F., Dickenson, L. G., Luxford, B. G., 1992. Influence of parity and time since parturition on responsiveness of sows to a piglet distress call. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 34, 303-313.
- Ibáñez-Escriche, N., Varona, L., Casellas, J., Quintanilla, R., Noguera, J. L., 2009. Bayesian threshold analysis of direct and maternal genetic parameters for piglet mortality at farrowing in Large White, Landrace, and Pietrain populations. *J. Anim. Sci.* 87, 80-87.
- Illmann, G., Schrader, L., Spinka, M., Sustr, P., 2002. Acoustical mother-offspring recognition in pigs (*Sus scrofa domestica*). *Behaviour* 139, 487-505.
- Janczak, A. M., Pedersen, L. J., Rydhmer, L., Bakken, M., 2003. Relation between early fear- and anxiety - related behaviour and maternal ability in sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82, 121-135.
- Jensen, P., Stangel, G., Algers, B., 1991. Nursing and sucking behaviour of semi-naturally kept pigs during the first 10 days post partum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31, 195-209.
- Johnson, R. K., Nielson, M. K., Casey, D. S., 1999. Responses in ovulation rate, embryonic survival, and litter traits in swine to 14 generations of selection to increase litter size. *J. Anim. Sci.* 77, 541-557.
- Johnson, A. K., Marchant-Forde, J. N., 2009. Welfare of pigs in the farrowing environment. In: Marchant-Forde, J. N. (Ed.), *The Welfare of Pigs*. Springer, The Netherlands, pp. 141-188.
- Johnson, A. K., McGlone, J. J., 2011. Behaviour of the Domestic Pig. In: Rothschild, M. F., Ruvinsky, A. (Ed.), *The genetics of the pig*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 200-217.

- Jones, J. B., Wathes, C. M., White, R. P., Jones, R. B., 2000. Do pigs find a familiar odourant attractive in novel surroundings? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 115-126.
- Kanis, E., De Greef, K. H., Hiemstra, A., van Arendonk, J. A. M., 2005. Breeding for societally important traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 83, 948-957.
- Kapell, D. N. R. G., Ashworth, C. J., Knap, P. W., Roehe, R., 2011. Genetic parameters for piglet survival, litter size and birth weight or its variation within litter in sire and dam lines using Bayesian analysis. *Livest. Sci.* 135, 215-224.
- Kirkden, R.D., Broom, D.M., Andersen, I.L., 2013. Invited review: Piglet mortality: Management solutions. *J Anim Sci* 91, 3361-3389.
- Knol, E. F., Ducro, B. J., Van Arendonk, J. A. M., Van der Lende, T., 2002. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. *Livest. Prod. Sci.* 73, 153-164.
- Kongsted, A. G., 2004. Stress and fear as possible mediators of reproduction problems in group housed sows: A review. *Acta Agric. Scand., A Animal Sci.* 54, 58-66.
- Kunz, H. J., Ernst, E., 1987. Abgangsursachen bei Ferkeln. *Züchtungskunde* 59, 135-145.
- Lassen, J., Sandøe, P., Forkman, B., 2006. Happy pigs are dirty! - Conflicting perspectives on animal welfare. *Livest. Sci.* 103, 221-230.
- Lensink, B. J., Leruste, H., Le Roux, T., Bizeray-Filoche, D., 2009a. Relationship between the behaviour of sows at 6 months old and the behaviour and performance at farrowing. *Animal* 3, 128-134.
- Lensink, B. J., Leruste, H., De Bretagne, T., Bizeray-Filoche, D., 2009b. Sow behaviour towards humans during standard management procedures and their relationship to piglet survival. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 119, 151-157.
- Løvendahl, P., Damgaard, L. H., Nielsen, B. L., Thodberg, K., Skovgaard, K., Su, G., 2003. Genetic co-variation in aggression and mothering ability of sows. *Proc. 54th Annual Meeting of EAAP. Rome, Italy*, p. 20.
- Løvendahl, P., Damgaard, L. H., Nielsen, B. L., Thodberg, K., Su, G., Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. *Livest. Prod. Sci.* 93, 1, 73-85.
- Marchant, J. N., 1998. Sow aggression towards the stockperson; relationship with approach test parameters and piglet survival. *Proc. 32nd Congr. ISAE. Clermont-Ferrand, France*, p. 109.

- Marchant-Forde, J. N., 2002. Piglet- and stockperson-directed sow aggression after farrowing and the relationship with a pre-farrowing, human approach test. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75, 115–132.
- Merks, J. W. M., Mathur, P. K., Knol, E. F., 2010. New phenotypes for new breeding goals in pigs. *Proc. 61st Annual Meeting of EAAP*. Heraklion, Greece, pp. 23-27.
- Nielsen, B., Su, G., Lund, M. S., Madsen, P., 2013. Selection for increased number of piglets at day five after farrowing has increased litter size and reduced piglet mortality. *J. Anim. Sci.* 91, 2575-2582.
- Pedersen, L. J., Damm, B. I., Marchant-Forde, J. N., Jensen, K. H., 2003. Effects of feed-back from the nest on maternal responsiveness and postural changes in primiparous sows during the first 24 h after farrowing onset. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 83, 109-124.
- Pitts, A. D., Weary, D. M., Fraser, D., Pajor, E. A., Kramer, D. L., 2002. Alternative housing for sows and litters. Part 5. Individual differences in the maternal behaviour of sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76, 291-306.
- Puppe, B., Tuchscherer, A., 2000. The development of suckling frequency in pigs from birth to weaning of their piglets: a sociobiological approach. *Anim. Sci.* 71, 273-279.
- Prunier, A., Tallet, C., 2015. Endocrine and behavioural responses of sows to human interactions and consequences on reproductive performance. In: Farmer, C. (Ed.), *The gestation and lactating sow*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 279-295.
- Roehe, R., 1999. Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian analyses. *J. Anim. Sci.* 77, 330-343.
- Roehe, R., Kalm, E., 2000. Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. *Anim. Sci.* 70, 227-240.
- Roehe, R., 2003. Improvement of piglet survival by optimisation of piglet individual birth weight and reduction of its variation. *Proc. 54th Annual Meeting of EAAP*. Rome, Italy, p. 358.

- Roehe, R., Shrestha, N. P., Mekki, W., Baxter, E. M., Knap, P. W., Smurthwaite, K. M., Jarvis, S., Lawrence, A. B., Edwards, S. A., 2009. Genetic analyses of piglet survival and individual birth weight on first generation data of a selection experiment for piglet survival under outdoor conditions. *Livest. Sci.* 121, 173-181.
- Rutherford, K. M. D., Baxter, E. M., D'Eath, R. B., Turner, S.P., Arnott, G., Roehe, R., Ask, B., Sandøe, P., Moustsen, V.A., Thorup, F., Edwards, S.A., Berg, P., Lawrence, A. B., 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: Biological factors. *Anim. Welfare.* 22, 199-218.
- Signoret, J. P., Baldwin, B. A., Fraser, D., Hafez, E. S. E., 1975. The behaviour of swine. In: Hafez, E.S.E. (Ed.), *The Behaviour of domestic animals*. Balliere, Tindall and Cassell, London, UK, pp.295-329.
- Spinka, M., Illmann, G., Algers, B., Stetková, Z., 1997. The role of nursing frequency in milk production in domestic pigs. *J. Anim. Sci.* 75, 1223-1228.
- Spinka, M., Gonyou, H. W., Li, Y. Z., Bate, L. A., 2004. Nursing synchronisation in lactating sows as affected by activity, distance between the sows and playback of nursing vocalisations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, 13-26.
- Spooler, H. A. M., Burbidge, J. A., Lawrence, A. B., Simmins, P. H., Edwards, S. A., 1996. Individual behavioural differences in pigs: intra- and inter-test consistency. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49, 185-198.
- Su, G., Sorensen, D., Lund, M. S., 2008. Variance and covariance components for liability of piglet survival during different periods. *Animal* 2, 184–189.
- Svendsen, J., Bengtsson, A. C. H., Svendsen, L. S., 1986. Occurrence and causes of traumatic injuries in neonatal pigs. *Pig News Inf.* 7, 159-170.
- Thodberg, K., Jensen, K. H., Herskin, M. S., 1998. Development of a test for maternal behaviour in sows – “the screaming piglet test”. *Proc. 32nd Congr. ISAE*. Clermont-Ferrand, France, p. 140.
- Thodberg, K., Jensen, K. H., Herskin, M. S., 1999. A general reaction pattern across situations in prepubertal gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 63, 103-119.
- Thodberg, K., Jensen, K. H., Herskin, M. S., 2002. Nursing behaviour, postpartum activity and reactivity in sows. Effects of farrowing environment, previous experience and temperament. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 77, 53-76.

- Thodberg, K., Jensen, K. H., 2005. A test of sows' willingness to nurse. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 94, 49-58.
- Tönepöhl, B., 2012. Untersuchungen zur Erfassung und Genetik von Verhaltensmerkmalen beim Schwein unter Praxisbedingungen. Dissertation. Georg-August-University, Göttingen, Germany.
- Tönepöhl, B., Appel, A. K., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2012. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 140, 137-145.
- Tribout, T., Caritez, J. C., Gogué, J., Gruand, J., Billon, Y., Bouffaud, M., Bidanel, J. P., 2003. Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White: résultats pour quelques caractères de reproduction femelle. *J. Rech.Porc.France* 35, 285-292.
- Valros, A. E., Rundgren, M., Špinko, M., Saloniemi, H., Rydhmer, L., Algers, A., 2002. Nursing behaviour of sows during 5 weeks lactation and effects on piglet growth. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76, 93-104.
- Valros, A. 2003. Behaviour and physiology of lactating sows – associations with piglet performance and sow postweaning reproductive success. Dissertation, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Van Arendonk, J. A. M., van Rosmeulen, C., Janss, L. L. G., Knol, E. F., 1996. Estimation of direct and maternal genetic (co) variances for survival within litters of piglets. *Livest. Prod. Sci.* 46, 163-171.
- Van Erp-van der Kooij, E., Kuijpers, A. H., Schrama, J. W., van Eerdenburg, F. J. C. M., Schouten, W. G. P., Tielen, M. J.M., 2002. Can we predict behaviour in pigs? Searching for consistency in behaviour over time and across situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75, 293-305.
- Van Erp-van der Kooij, E., 2003. Coping behaviour in pigs - consequences for welfare and performance. Dissertation. Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.
- Vangen, O., Holm, B., Valros, A., Lund, M. S., Rydhmer, L., 2005. Genetic variation in sow's maternal behaviour recorded under field conditions. *Livest. Prod. Sci.* 93, 63-71.
- Velie, B. D., Maltecca, C., Cassady, J. P., 2009. Genetic relationships among pig behavior, growth, backfat, and loin muscle area, *J. Anim. Sci.* 87, 2767-2773.

- Wallenbeck, A., Rydhmer, L., Thodberg, K., 2008. Maternal behaviour and performance in first-parity outdoor sows. *Livest. Prod. Sci.* 116, 216-222.
- Weary, D. M., Pajor, E. A., Fraser, D., Honkanen, A. M., 1996. Sow body movements that crush piglets: a comparison between two types of farrowing accommodation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49, 149-158.
- Wechsler, B., Hegglin, D., 1997. Individual differences in the behaviour of sows at the nest-site and the crushing of piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51, 39-49.
- Watson, T. S., Bertram, J. M., 1980. A comparison of incomplete nursing in the sow in two environments. *Anim. Prod.* 30, 105.
- Wischner, D., 2009. Sows' maternal behaviour as a major influence on the survival of piglets. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Wischner, D., Kemper, N., Stamer, E., Hellbrügge, B., Presuhn, U., Krieter, J., 2010. Pre-lying behaviour patterns in confined sows and their effects on crushing of piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 122, 21-27.
- Wolf, J., Zakova, E., Groeneveld, E., 2008. Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning. *Livest. Sci.* 115, 195-205.

KAPITEL IV

Variance components of aggressive behavior in genetically highly connected Pietrain populations kept under two different housing conditions

Anne K. Appel¹, Barbara Voß², Björn Tönepöhl¹,
Uta König von Borstel¹ and Matthias Gauly¹

¹ Department of Animal Science, University of Göttingen, 37075 Göttingen, Germany

² BHZP GmbH, 21368 Dahlenburg-Ellringen, Germany

Journal of Animal Science

91(2013) 5557-64

DOI 10.2527/jas.2013-6694

Kapitel IV: Variance components of aggressive behavior in genetically highly connected Pietrain populations kept under two different housing conditions

Abstract

Mixing of unfamiliar pigs is a standard management procedure in commercial pig production and is often associated with a period of intense and physically damaging aggression. Aggression is considered a problem for animal welfare and production. The objective of the present paper was to investigate the genetic background of aggressive behavior traits at mixing of unfamiliar gilts under two different housing conditions. Therefore a total of 543 purebred Pietrain gilts, from two nucleus farms (farm A: n = 302; farm B: n = 241) of one breeding company, were tested at an average age of 214 (SD 12.2) days for aggressive behavior by one observer. Observations included the frequencies of aggressive attack and reciprocal fighting during mixing with unfamiliar gilts. On farm A 41% of the gilts were purebred Pietrains whereas 59% were purebred Landrace or Duroc gilts. On the farm B 42% of the gilts were purebred Pietrains and 58% purebred Large White gilts. The average size of the newly mixed groups of gilts was 28 animals on farm A and 18 animals on farm B. The Pietrain gilts from the two herds were genetically closely linked. They were the offspring of 96 sires, with 64% of these sires having tested progeny in both farms. There were clear differences in the housing of the animals between the two farms. The test pen on farm A had a solid concrete floor littered with wooden shavings and was equipped with a dry feeder. On farm B there was a partly slatted floor and the gilts were fed by an electronic sow feeder. Mean space allowance was 2.6 m²/gilt on farm A and 3.9 m²/gilt on farm B, respectively. While large inter-individual differences existed, gilts from farm B performed numerically more aggressive attack (mean 1.12 SD 1.42 vs. mean 0.71 SD 1.20) and reciprocal fighting (mean 0.78 SD 0.98 vs. mean 0.44 SD 0.82) when compared with gilts from farm A. The heritabilities and additive genetic variances for behavioral traits were estimated with a linear animal model and were on a low level in farm A ($h^2 = 0.11$ SE = 0.07 and $\sigma_a^2 = 0.12$; $h^2 = 0.04$ SE = 0.07 and $\sigma_a^2 = 0.02$ for aggressive attacks and reciprocal fighting, respectively) and on a moderate level in farm B ($h^2 = 0.29$

SE = 0.13 and $\sigma_a^2 = 0.44$; $h^2 = 0.33$ SE = 0.12 and $\sigma_a^2 = 0.27$ for aggressive attack and reciprocal fighting, respectively). For both aggressive attack and reciprocal fighting, genetic correlation of the same trait between farm A and farm B was 1.0. Therefore, aggressive behavior does not seem to be influenced by genotype x environment interactions. Under these circumstances aggressions in group housing can be reduced by genetic selection against aggressive behavior. Therewith the welfare and health of sows will ultimately increase.

Key words: aggression, fighting, genetic parameters, housing system, pig

Introduction

The mixing of pigs into new social groups is a routine procedure in pig farming. In general, aggression among pigs occurs directly after mixing of unacquainted animals (Mount and Seabrook, 1993; D'Eath and Turner, 2009), and it has been suggested that it serves the purpose to establish a stable rank order (Ewbank, 1976). Nearly all unfamiliar individuals are involved in agonistic interactions during this period (Mount and Seabrook, 1993), although Arey and Franklin (1995) suggest that less than half of the possible pairs of unfamiliar pigs engage in fights when mixed. The formation of a stable social hierarchy takes place within 48 h post mixing (Meese and Ewbank, 1973; Arey and Edwards, 1998). The time to establish a stable rank order could be slowed down by the presence of highly aggressive animals (Erhard et al., 1997). After the establishment of a stable rank hierarchy, encounters between group members take place only at a minimum level of aggression (Løvendahl et al., 2005).

Most aggressive encounters, such as non-reciprocal aggression or reciprocal fighting, result in skin lesions and injuries of the animals involved. Social stress and fear generated by mixing (reviewed by Kongsted, 2004) can additionally cause immunosuppression (Tuchscherer and Manteuffel, 2000). Consequently aggression and thus social stress leads to decreased welfare and reduced longevity as well as compromised productivity of the animals (reviewed by von Borell et al., 2007; reviewed by Spooler et al., 2009), thus also affecting the profitability of commercial pig production.

Due to these undesirable effects of aggressive behavior, breeding for calm and non-aggressive individuals seems to be a reasonable strategy for reducing aggressive interactions. Aggressiveness in pigs is known to be repeatable over time and across different situations (Jensen et al., 2002; Janczak et al., 2003; D'Eath, 2004). Previous genetic studies on this subject estimated moderate heritabilities of traits related to aggressive behavior after mixing in pigs (Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge, 2007; D'Eath et al., 2009, Turner et al., 2009). However, constraints include the need to standardize the environment to allow all animals an equal opportunity to show their phenotype (Turner et al., 2010a). Otherwise the risk of genotype x environment interactions may affect the success of selection (Turner et al., 2010b). Forkman et al. (2007) criticized the absence of such standardized behavior tests and missing information about their robustness, i.e. the lack of information regarding what aspects can be changed without affecting the validity of the test.

Genotype x environment interactions are well known for a number of traits in pigs (e.g. Merks, 1989; van Diepen and Kennedy, 1989; Guy et al., 2002; Wood et al., 2004; Wallenbeck et al., 2009). However, there is little information about the influence of environments on the expression of aggressive behavior traits and its corresponding variance components in gilts. Therefore, the objective of the present paper was to investigate aggressive behavior traits at mixing of unfamiliar gilts of a genetically highly connected purebred Pietrain population, tested by the same person under two different housing conditions.

Material and Methods

All data collection was done by one person from March 2010 to January 2012 on two nucleus farms (farm A and farm B) of the German breeding company 'BHZP GmbH'. Animal care followed the general guidelines outlined in the European animal welfare regulations.

Animals and housing conditions

A total of 543 purebred Pietrain (of MHS-genotype NN) gilts, comprised of 302 gilts on farm A and 241 gilts on farm B, were tested. The gilts of both farms were genetically closely related; they were the offspring of 280 dams and 96 sires, with 64% of these sires having tested progeny on both farms. Pedigree information contained sires and dams of four generations. In total 1,516 animals appeared in the pedigree file. The tested gilts were of similar age (214 days SD 12.2).

Farm A

At the average age of 212 (SD 14.4) days, 23 to 34 (mean 28.2) gilts, which were designated for internal replacements, were moved from the rearing building to a single quarantine pen in the breeding unit. From group housing in the rearing unit on average six gilts (1 to 15) were acquainted with each other. Each group of newly mixed gilts in the quarantine pen was composed of purebred German Landrace, purebred Pietrain and purebred Duroc gilts. Pietrain gilts made up an average of 41% (29% to 50%), German Landrace 40% (29% to 50%) and Duroc gilts 19% (12% to 28%) of each test group.

The total space allowance of the quarantine pen, where the observation took place, was 72 m². This implies a mean space allowance per gilt of 2.6 m². The quarantine pen was constructed with a solid concrete floor littered with wooden shavings. The installed feeding system included three nipple drinkers and one dry feeder (Big Dutchman International GmbH, Vechta, Germany). Gilts were fed a commercial pelleted diet ad libitum (12.2 MJ ME).

Farm B

At the average age of 217 (SD 17.7) days 14 to 22 (mean 18.3) gilts, which were designated for internal replacements, were moved from the rearing building into a pen in the gestation building. From group housing in the rearing unit on average three gilts (1 to 7) were acquainted with each other. Each group of newly mixed gilts was composed of purebred Large White and purebred Pietrain gilts. Pietrain gilts made up an average of 42% (32% to 53%) of each test group.

In the gestation building there were four pens with a total space allowance of 71 m² each. The mean space allowance per gilt was 3.9 m². All pens were constructed in the same way. Panels divided each pen into a slatted activity area and a solid floor resting area. Each gestation pen was equipped with four nipple drinkers and one electronic sow feeder (Mannebeck GmbH, Schüttdorf, Germany). For enrichment a scratch brush was installed in every pen. Animals were fed the same commercial pelleted diet (12.2 MJ ME) as on farm A. However, the amount was restricted to 2.8 kg feed per animal and day.

Behavior

Leaving the rearing building, gilts on both farms were moved to a testing pen in the breeding unit. In each case the continuous observation period started when the last gilt had entered the pen and lasted, adapted from Hellbrügge (2007), for 30 min. All gilts were individually marked by a double-sided, numbered ear tag. During the testing time the observer stood on farm A quietly inside the pen. On farm B the observer stood in an alley outside the pen, from where she had a good view over the whole test area. The test design was set up in a way to minimize labor costs and the disturbance of the daily workflow to meet requirements of commercial farming and breeding.

Aggression

During the observation period all aggressive encounters between the gilts were recorded by the observer. Aggressive encounters of the newly mixed gilts were subdivided into non-reciprocal aggression and reciprocal fighting (Hoy, 2009). The delivery of non-reciprocal aggression was defined as an aggressive interaction, like biting or snapping, directed towards another gilt (D'Eath et al., 2009, Tönepöhl et al., 2013). Gilts delivering non-reciprocal aggression to other gilts were recorded, when the attacked gilt showed thereupon a submissive reaction, i.e. turned away from the attacking gilt, fled or was displaced from an area, instead of retaliating (Tuchscherer et al., 1998; Langbein and Puppe, 2004). The identity of the attacked gilt was not recorded. The trait reciprocal fighting was defined as bilateral aggression between a minimum of two gilts. Reciprocal fights were displayed as bodily attacks such as 'head to head knocks', 'head to body knocks', 'parallel/inverse parallel pressings', 'biting' or 'physical displacements' (Puppe,

1998). For each reciprocal fight the involved gilts were noted. Gilts delivered non-reciprocal aggression to other gilts and gilts involved in reciprocal fighting received a score for the trait aggressive attack.

Statistical analysis

The data analysis was performed with the statistical software SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC.).

For the analysis of traits aggressive attack and reciprocal fighting the following fixed effects were considered: farm (farm A or B), test batch (defined as a group of gilts, whose behavior was observed within a nine week lasting period; 10 classes; considered as fixed rather than random effect due to computational considerations), proportion of Pietrain gilts in a group of tested gilts (four classes: lower than or equal to 35%, greater than 35% up to and including 40%, greater than 40% up to and including 45% and more than 45% Pietrains per tested group), the number of animals which are acquainted with each other from the rearing unit and the age of the tested gilts. An observer effect was not considered due to the fact that all data were collected by the same person. The significance of the fixed effects and their interactions were tested with the procedure MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC.)

Effects that were not significant were not included in the final models. Due to non-significance the effect number of gilts which were acquainted with each other from the rearing unit was not considered in the final models.

For a better allocation the numbers greater than 4 of the behavior trait aggressive attack were combined to 4, as well as the numbers greater than 3 of reciprocal fighting were combined to 3 for further statistical analysis.

The variance components and their corresponding ratios (heritabilities) of the behavior traits aggressive attack and reciprocal fighting were estimated univariately within a linear animal model using the VCE-4 package (Neumaier and Groeneveld, 1998).

Based on the significance of fixed effects from the mixed model analysis, the animal model for the observed behavior traits from the combined analysis of both farms included the fixed combined farm * test batch effect, with y being the respective dependent variable and e the random error.

$$y_{ij} = \text{farm} * \text{test batch}_i + e_{ij}$$

For observed behavior traits estimated separately for each farm the animal model included the parameter test batch as fixed effect, with y being the respective dependent variable and e the random error.

$$y_{ij} = \text{test batch}_i + e_{ij}$$

The genetic correlations between the behavior traits were estimated bivariately by using VCE 4 (Neumaier and Groeneveld, 1998).

Results

The number of aggressive attacks performed by a Pietrain gilt during the 30 min observation period varied in the combined analysis of both farms ($n = 543$) from zero to eleven, with a mean of 0.90 (SD 1.3). Pietrain gilts of both farms were involved in zero to seven reciprocal fights. The mean frequency of reciprocal fights was 0.59 (SD 0.9). Pietrain gilts from farm B performed numerically more aggressive attacks (mean 1.12 SD 1.4 vs. mean 0.71 SD 1.2) and reciprocal fighting (mean 0.78 SD 0.9 vs. mean 0.44 SD 0.8) after mixing with unacquainted animals, compared to gilts from farm A. The investigated behavior traits showed a large inter-individual variation, indicating that individual differences in aggressive behavior existed

Of all tested Pietrain gilts on farm A 60.3% did not exhibit aggressive attacks during observation time. In comparison Pietrain gilts from farm B were involved in a higher frequency of aggressive attack. Only 40.7% of these gilts were not involved in any aggressive attack. On farm A 29.8% of the Pietrain gilts took part in reciprocal aggression whereas 51.4% of all Pietrain gilts on farm B were seen at least once participating in reciprocal fights.

Fixed effects

In the combined analysis of both farms the behavior traits aggressive attack ($P \leq 0.01$) and reciprocal fighting ($P \leq 0.001$) were significantly affected by the fixed combined farm * test batch effect.

Variance components and heritabilities

The estimated heritabilities of the observed behavior traits for the combined analysis of both farms were $h^2 = 0.20$ (SE = 0.06) for aggressive attack and $h^2 = 0.16$ (SE = 0.06) for reciprocal fighting. The additive genetic variance was $\sigma^2_a = 0.25$ for aggressive attack and $\sigma^2_a = 0.12$ for reciprocal fighting estimated for gilts of both farms together. The estimates of the residual variance for the combined analysis of both farms were $\sigma^2_e = 1.02$ for aggressive attack and $\sigma^2_e = 0.53$ for reciprocal fighting. On farm A the estimated heritabilities were on a low level, compared to values of a medium magnitude estimated on farm B. The variance components estimated separately for the two farms are shown in Table 1.

Table 1: Heritabilities (\pm SE), additive genetic variance (σ^2_a) and residual variance (σ^2_e) of the analyzed behavior traits for mixed Pietrain gilts (combined analysis of both farms, farm A, farm B).

	aggressive attack			reciprocal fighting		
	$h^2 \pm SE$	σ^2_a	σ^2_e	$h^2 \pm SE$	σ^2_a	σ^2_e
combined analysis (n = 543)	0.20 ± 0.06	0.25	1.02	0.16 ± 0.06	0.12	0.53
farm A (n = 302)	0.11 ± 0.07	0.12	0.97	0.29 ± 0.13	0.44	1.06
farm B (n = 241)	0.04 ± 0.07	0.02	0.50	0.33 ± 0.12	0.27	0.55

Genetic correlation between the behavior traits

A high, positive genetic correlation ($r_g = 0.95$ SE = 0.04) was found between the behavior traits aggressive attacks and reciprocal fighting for the combined analysis of both farms.

The correlations between the behavior traits were for both farms at a high positive level with low standard errors (farm A: $r_g = 1.00$ SE = 0.02; farm B: $r_g = 0.96$ SE = 0.03). However, with these correlations, a part-whole relationship between the behavior traits aggressive attack and reciprocal fighting has to be considered, i.e. they are expected to be high due to the fact that gilts participating in reciprocal fighting were by definition also recorded for the behavior trait aggressive attack.

Between the behavior traits estimated for farm A and the behavior traits estimated for farm B positive genetic correlations were estimated. The genetic correlations between the same trait measured on farm A and on farm B were for both traits (aggressive attack and reciprocal fighting) complete (both $r_g = 1.00$).

Discussion

Behavior traits and effects

The test set-up for aggressive behavior at mixing of unfamiliar gilts was based on a study of Hellbrügge (2007). Turner et al. (2010b) stated that for economical reasons the phenotyping of a trait such as post-mixing aggressiveness in pigs for selection purposes must take less than two minutes. The present study was designed in a way that behavior traits were easy to record with little extra-time and work required. For example, the observation period was set to a total of 30 min per mixing of the unfamiliar gilts. Therefore data collection of the behavior traits was fitting under production conditions, which is a prerequisite for a trait to be considered as possible selection criteria in pig breeding.

The level of aggression may vary among environments; this has been shown inter alia in mice (Haemisch et al., 1994), humans (Miles and Carey, 1997) and pigs (e.g. van de Weerd and Day, 2009). Krauss (2011) suggested that the pen design, space allowance per animal, management and animal related factors influence the frequency of aggressive interactions. For the combined analysis of both farms in the present study the combined effect of the

farm * test batch showed a considerable influence on the behavior traits. A key reason for this effect could be the differences in the housing systems or physical environment. The housing system of farm A and farm B differed regarding the feeder design, feeding regimen, flooring design and mean space allowance per gilt. Although with the present study design it was unfortunately impossible to tease apart the impact of the individual components, each of these differences in housing conditions or combinations thereof may have resulted in the observed differences in the expression of agonistic behaviour. For example, feed was available on farm A from the early beginning of the test, and therefore it could be assumed that the gilts' motivation to feed masked some of the motivation to fight. It is also important to consider that the gilts on farm A were familiar with the type of feeder in the quarantine pen, whereas the pens on farm B were equipped with electronic sow feeders, which were unfamiliar to the animals.

Furthermore, the flooring system of the two farms differed considerably. Results of various studies differ regarding the effect of flooring system and bedding on aggressive interactions (Matthews and Ladewig, 1994; Andersen et al., 1999; Salaün et al., 2002). Generally it is suggested that provision of bedding aids in reducing agonistic interactions after mixing of unacquainted pigs (Spooler et al., 2009). These findings are in line with results from the present study: gilts bedded with wooden shavings (farm A) showed lower level of aggressions compared to those kept without bedding (farm B).

Numerous studies reported decreased aggressions in connection with increasing space allowance as well as visual barriers (Weng et al., 1998; Barnett et al., 2001, Stukenborg, 2011). Nevertheless, compared to gilts of farm A, gilts of farm B were more aggressive during the observation period despite a slightly greater space allowance and the presence of visual barriers. However, in the present study gilts of either farm were offered ample space, exceeding the space allowance required by law.

In addition to differences in the physical environment there are likewise differences in the social environment of the gilts. For pigs group size has an effect on the level of aggressive behavior (Rodenburg and Koene, 2007). Arey and Franklin (1995) reported that the amount of fighting in newly mixed growing pigs increased with the number of unfamiliar pigs in the pen. In a study of Turner et al. (2001) pigs from groups of 80 were less aggressive to unacquainted conspecifics than pigs from groups of 20 individuals, while they could still recognize familiar animals. However, more fights occurred after mixing in groups of 6 and

12 animals, than in groups of 24 pigs and the percentage of pigs participating in reciprocal fighting was lower in the largest group (Andersen et al., 2004). The quality of human-animal interactions can limit the productivity and welfare of these animals. Due to former positive human contact and gentle handling gilts on farm A were not feared by the presence of the quietly standing observer. Hemsworth et al. (1986) observed that pigs approached the experimenter significantly more when he stood passively in the test area than when the pigs were actively approached.

The design of the present study did not allow for a separate investigation of the effects of differences in feeding management, bedding, space allowance and group composition. Therefore, no conclusions about the relative contribution of the different factors can be drawn.

Some authors suggest that a standardized environment, which allows all animals equal opportunities to show their phenotype, is a basic prerequisite for successful phenotyping of traits (Turner et al., 2010a). It might be that not all gilts could have shown their 'real' phenotype or – in contrast – the absence of a familiar feeder, bare food may have led to higher levels of agonistic interactions.

Variance components

The present study showed differences in the heritability of the behavior traits aggressive attack and reciprocal fighting estimated for a genetically closely linked Pietrain population, tested under two different housing conditions.

The residual variances for aggressive attack and reciprocal fighting estimated for farm A were in the range of the estimated values of residual variance from farm B. In contrast the values of additive genetic variance tended to differ between the two farms. For this reason the reduced phenotypic variance and the marked differences in the estimated heritabilities between farm A and farm B seem to be caused by lower additive genetic variance in farm A.

The moderate heritabilities of aggressive attack and reciprocal fighting estimated on farm B were in the range of the estimated heritabilities for offensive aggressions of sows in groups ($h^2 = 0.17$ to $h^2 = 0.24$, Løvendahl et al., 2005). Turner et al. (2006) assessed post-mixing aggressiveness of pigs by using an approach based on skin lesion scores. The authors calculated heritabilities ($h^2 = 0.11$ to $h^2 = 0.22$), which are within the range of the

results of the present study. A moderate heritability for aggressive behavior of purebred Landrace sows in a provoked stress situation was calculated by Hellbrügge (2007). Moderate to high heritabilities were found for the delivery of non-reciprocal aggression ($h^2 = 0.31$ and $h^2 = 0.34$, respectively) and reciprocal aggression ($h^2 = 0.43$ and $h^2 = 0.47$, respectively) in growing pigs (Turner et al., 2009; D'Eath et al., 2009). In agreement with the results of farm A in the present study, Stukenborg (2011) estimated heritabilities of low magnitude for agonistic behavior traits of gilts, whereas Stukenborg (2011) found moderate heritabilities for taking part in fights in growing pigs.

In a study by Lush (1945), the author recommended that animals be kept for selection in environments in which they will be used in practice so that preferable genes have a chance to express their effects. In contrast, other authors propose that selection should be practiced in the most favorable environment to improve accuracy of selection due to greater expression of genes of interest (Hammond, 1947). Superior environmental conditions are expected to result in improved production traits at the phenotypic level, allowing for better distinction between animals' production potential at the genetic level. However, in the present study there were lower additive genetic variances under the superior housing conditions, indicating that the assumption by Hammond (1947) may not hold for all types of traits. In particular, traits with undesirable effects on production parameters such as detrimental behaviour or susceptibility to diseases can be expected to be better expressed under challenging housing conditions that are suboptimal rather than superior from a production point of view. Falconer (1952) introduced the concept of a genetic correlation between performances in different environments and used the ratio of indirect and direct response to selection to determine the optimum environment for selection. The direction in which environment affects aggression, however appears to differ between and within species (Haemisch et al., 1994; van Loo et al., 2002; van de Weerd and Day, 2009).

The results of the present study emphasize that it is difficult to compare results of different studies, not only because of varying definition of the traits, experimental setups and analysis methods, but also because of the pronounced effect of management on the phenotypic expression of animals' genetic potential. Due to the differences in expression of genetic potential detected in the present study a challenging testing area appears to be

required to obtain a good expression of the observed traits, as otherwise genetic differences may be hidden.

Genetic correlations

For gilts of both farms high, positive genetic correlations could be found between the behavior traits aggressive attack and reciprocal fighting. Despite the part-whole relationship between the two behavior traits, it can be concluded that the strongly associated behavior traits share a common genetic basis.

A high, positive genetic correlation, indicating that reciprocal aggression and delivery of non reciprocal aggression in pigs share a similar genetic background, was found in several studies in pigs (Turner et al., 2008; Turner et al., 2009; D'Eath et al., 2009) as well as other species such as mice, too (van Oortmerssen et al., 1985)

A positive genetic correlation ($r_g = 0.28$ to $r_g = 0.50$, Turner et al., 2009) between skin lesion scores 24 h and three weeks after mixing, indicate that selection to reduce aggression at mixing would also reduce aggression in the weeks after group formation, suggesting that aggressiveness may be reduced in several contexts rather than that specifically in response to regrouping (Rodenburg and Turner, 2012). Therewith it could be deduced, that a selection for reduced aggression in gilts also has a positive effect on group behavior of older sows.

The high genetic correlations between the same traits measured on the two different farms imply that, although the behavior traits were observed under different housing conditions, they seem to be in part genetically controlled by the same genes. Due to the small sample size in the present study it can be assumed that the genetic correlations will decrease if a higher amount of behavioral data is available. Nevertheless it can be expected that they will still remain at a high level. The concept of a genetic correlation between performances in different environments can be used as a measure of ranking difference due to genotype x environment interactions (Falconer, 1952). Robertson (1959) considered a genetic correlation of $r_g = 0.8$ as limit, values below this limit were associated with genotype-environment interactions. Based on these values there seem to be no appreciable genotype x environment interactions in the present study. From this it even be deduced that the selection of parents in one environment may also optimize progeny behavior in another environment.

Low to moderate heritabilities could be estimated for the behavior traits aggressive attack and reciprocal fighting in newly mixed Pietrain gilts. A clear difference in the additive genetic variance could be found between the two farms, despite a genetically closely linked population, utilization of same behavior traits and even the same observer. Selection for reduced aggression in group housed animals seems to be feasible and desirable to improve welfare of the animals. Nevertheless, before observed behavior traits were included in the breeding criteria it would be important to observe possible genetic associations with other traits of welfare or economic significance.

Acknowledgments

This study was performed within the project 'Investigations of possibilities to integrate behavior traits in pig breeding programmes' funded by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) in the framework of the programme 'Innovation facilitation'. We thank the staff of the 'BHZP GmbH' for the support during the recording of the data.

References

- Andersen, I. L., K. E. Bøe, and A. L. Kristiansen. 1999. The influence of different feeding arrangements and food type on competition at feeding in pregnant sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65: 91-104.
- Andersen, I. L., E. Nævdal, M. Bakken, and K. E. Bøe. 2004. Aggression and group size in domesticated pigs, *Sus scrofa*: when the winner takes it all and the loser is standing small. *Anim. Behav.* 68: 965-975.
- Arey, D. S., and M. F. Franklin. 1995. Effects of straw and unfamiliarity on fighting between newly mixed growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45: 23-30.
- Arey, D. S., and S. A. Edwards. 1998. Factors influencing aggression between sows after mixing and the consequences for welfare and production. *Livest. Prod. Sci.* 56: 61-70.

- Barnett, J. L., P. H. Hemsworth, G. M. Cronin, E. C. Jongman, and G. D. Hutson. 2001. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 1-28.
- D'Eath, R B. 2004. Consistency of aggressive temperament in domestic pigs: The effects of social experience and social disruption. *Aggressive Behavior* 30: 435-448.
- D'Eath, R. B., and S. P. Turner. 2009. The Natural Behaviour of the Pig. In: Marchant-Forde, J. N. (Ed.), *The Welfare of Pigs*, vol. 1. Springer, Heidelberg, Germany, pp. 13-45.
- D'Eath, R. B., R. Roehe, S. P. Turner, S. H. Ison, M. Farish, M. C. Jack, and A. B. Lawrence. 2009. Genetics of animal temperament: aggressive behaviour at mixing is genetically associated with the response to handling in pigs. *Animal* 3: 1544-1554.
- Erhard, H. W., M. Mendl, and D. D. Ashley. 1997. Individual aggressiveness of pigs can be measured and used to reduce aggression after mixing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 54: 137-151.
- Ewbank, R. 1976. Social hierarchy in suckling and fattening pigs: A review. *Livest. Prod. Sci.* 3: 363-372.
- Falconer, D. S. 1952. The problem of environment and selection. *Amer. Nat.* 86: 293-298.
- Forkman, B., A. Boissy, M. C. Meunier-Salaün, E. Canali, and R. B. Jones. 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiol. Behav.* 92: 340-374.
- Gäde, S., J. Bennewitz, K. Kirchner, H. Looft, P. W. Knap, G. Thaller, and E. Kalm. 2008. Genetic parameters for maternal behaviour traits in sows. *Livest. Sci.* 114: 31-41.
- Guy, J. H., P. Rowlinson, J. P. Chadwick, and M. Ellis. 2002. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: Implications for welfare. *Livest. Prod. Sci.* 75: 233-243.
- Haemisch, A., T. Voss, and K. Gärtner, 1994. Effects of environmental enrichment on aggressive behavior, dominance hierarchies, and endocrine states in male DBA/2J mice. *Physiol. Behav.* 56: 1041-1048.
- Hammond, J. 1947. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. *Biol. Rev.* 22: 195.
- Hellbrügge, B. 2007. Genetic aspects of piglet losses and the maternal behaviour of sows. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.

- Hemsworth, P. H., J. L. Barnett, and C. Hansen. 1986. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 15: 303-314.
- Hoy, S. 2009. Verhalten der Schweine. In: S. Hoy (Ed.), *Nutztierethologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany. 105-139.
- Janczak, A. M., L. J. Pedersen, and M. Bakken. 2003. Aggression, fearfulness and coping styles in female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81:13-28.
- Jensen, K. H., B. L. Nielsen, and A. N. W. Olsen. 2002. Results of experiments on development of test for identification of social traits in sows, with a view to predict risk of high aggression level in a group. DIAS internal report 155, 32.
- Kongsted, A. G. 2004. Stress and fear as possible mediators of reproduction problems in group housed sows: A review. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci*: 54, 58-66.
- Krauss, A. V. 2011. Sozialverhalten in dynamischen Sauengruppen bei der Eingliederung neuer Sauen, Dissertation. Justus-Liebig-University, Gießen, Germany.
- Langbein, J., and B. Puppe. 2004. Analysing dominance relationships by sociometric methods – a plea for a more standardised and precise approach in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87: 163-182.
- Løvendahl, P., L. H. Damgaard, B. L. Nielsen, K. Thodberg, G. Su, and L. Rydhmer. 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. *Livest. Prod. Sci.* 93: 73-85.
- Lush, J. L. 1945. *Animal Breeding Plans*. Iowa State College Press, Ames, IA.
- Matthews, L. R., and J. Ladewig. 1994. Environmental requirements of pigs as measured by behavioral demand functions. *Anim. Behav.* 47: 713-719.
- Meese, G. B., and R. Ewbank. 1973. The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig. *Anim. Behav.* 21: 326-334.
- Merks, J. W. M. 1989. Genotype x environment interactions in pig breeding programmes. VI. Genetic relations between performances in central test, on-farm test and commercial fattening. *Livest. Prod. Sci.* 22: 325–339.
- Miles, D. R., and G. Carey. 1997. Genetic and environmental architecture on human aggression. *J. Pers. Soc. Psychol.* 72: 207-217.
- Mount, N. C., and M. F. Seabrook. 1993. A study of aggression when group housed sows are mixed. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36: 377-383.

- Neumaier, A., and E. Groeneveld. 1998. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Gen. Sel. Evol.* 30: 3-26.
- Puppe, B. 1998. Effects of familiarity and relatedness on agonistic pair relationships in newly mixed domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58: 233-239.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics* 15: 469-485.
- Rodenburg, T. B., and P. Koene. 2007. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103:205-214.
- Rodenburg, T. B., and S. P. Turner. 2012. The role of breeding and genetics in the welfare of farm animals. *Anim. Front.* 2 (3): 16-21.
- Salaün, C., J. Callarec, M. Toudic, and E. Dréan. 2002. Effet du type de sol sur le bien-être des truies gestantes en groupe alimentées au distributeur automatique de concentré (DAC). *Journées de la Recherche Porcine* 34: 217-223.
- SAS, 2008. Version 9.2, SAS Institute, Cary, NC.
- Spoolder, H. A. M., M. J. Geudeke, C. M. C. van der Peet-Schwering, and N. M. Soede. 2009. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. *Livest. Sci.* 125: 1-14.
- Stukenborg, A. 2011. Investigations on agonistic behaviour in pigs kept under commercial farm conditions. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Tönepöhl, B., A. K. Appel, B. Voß, U. König von Borstel, and M. Gauly. 2013. Interaction between sows' aggressiveness post mixing and skin lesions recorded several weeks later. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 144: 108-115.
- Tuchscherer, M., B. Puppe, A. Tuchscherer, and E. Kanitz. 1998. Effects of social status after mixing on immune, metabolic, and endocrine responses in pigs. *Physiol. Behav.* 64: 353-360.
- Tuchscherer, M., and G. Manteuffel. 2000. The effect of psycho stress on the immune system. Another reason for pursuing animal welfare (Review). *Arch. Tierz.* 43: 547-560.
- Turner, S. P., G. W. Horgan, and S. A. Edwards. 2001. Effect of social group size on aggressive behaviour between unacquainted domestic pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 74: 203-215.

- Turner, S. P., I. M. S. White, S. Brotherstone, M. J. Farnworth, P. W. Knap, P. Penny, M. Mendl, and A. B. Lawrence. 2006. Heritability of post-mixing aggressiveness in grower-stage pigs and its relationship with production traits. *Animal Science* 82: 615-620.
- Turner, S. P., R. Roehe, W. Mekkawy, M. J. Farnworth, P. W. Knap, and A. B. Lawrence. 2008. Bayesian analysis of genetic associations of skin lesions and behavioural traits to identify genetic components of individual aggressiveness in pigs. *Behav. Genetics* 38: 67-75.
- Turner, S. P., R. Roehe, R. B. D'Eath, S. H. Ison, M. Farish, M. C. Jack, N. Lundeheim, L. Rydhmer, and A. B. Lawrence. 2009. Genetic validation of post-mixing skin injuries in pigs as an indicator of aggressiveness and the relationship with injuries under more stable social conditions. *J. Anim. Sci.* 87: 3076-3082.
- Turner, S. P., R. Roehe, and A. B. Lawrence. 2010a. Social Behaviour in Pigs (ID060), 9th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Leipzig, Germany.
- Turner, S. P., R. B. D'Eath, R. Roehe, and A. B. Lawrence. 2010b. Selection against aggressiveness in pigs at re-grouping: practical application and implications for long-term behavioural patterns. *Anim. Welf.* 19 (S): 123-132.
- van de Weerd, H. A., and J. E. L. Day. 2009. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116: 1-20.
- van Loo, P. L. P., C. L. J. J. Kruitwagen, J. M. Koolhaas, H. A. van de Weerd, L. F. M. van Zutphen, and V. Baumans. 2002. Influence of cage enrichment on aggressive behaviour and physiological parameters in male mice. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 76: 65-81.
- van Oortmerssen, G. A., I. Benus, and D. J. Dijk. 1985. Studies in wild house mice: genotype-environment interactions for attack latency. *Netherlands J. Zool.* 35: 155-169.
- van Diepen, T.A., and B. W. Kennedy. 1989. Genetic correlations between test station and on-farm performance for growth rate and backfat in pigs. *J. Anim. Sci.* 67: 1425-1431.
- von Borell, E., H. Dobson, and A. Prunier. 2007. Stress, behaviour and reproductive performance in female cattle and pigs. *Horm. Behav.* 52: 130-138.

- Wallenbeck, A., L. Rydhmer, and N. Lundeheim. 2009. GxE interactions for growth and carcass leanness: Re-ranking of boars in organic and conventional pig production. *Livest.Sci.* 123(2): 154-160.
- Weng, R. C., S. A. Edwards, and P. R. English. 1998. Behaviour, social interactions and lesion scores of group-housed sows in relation to floor space allowance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 59: 307-316.
- Wood, J. D., G. R. Nute, R.I. Richardson, F. M. Whittington, O. Southwood, G. Plastow, R. Mansbridge, N. da Costa, and K. C. Chang. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science* 67: 651–667.

KAPITEL V

Genetic associations between maternal traits and aggressive behaviour in Large White sows

Anne K. Appel^{1,2}, Barbara Voß², Björn Tönepöhl¹,
Uta König von Borstel¹, Matthias Gauly^{1,a}

¹ Department of Animal Science, University of Göttingen, 37075 Göttingen, Germany

² BHZP GmbH, 21368 Dahlenburg-Ellringen, Germany

^a Present address: Faculty of Science and Technology, University of Bozen-Bolzano,
39100 Bozen, Italy

Submitted to
Animal Journal

Kapitel V: Genetic associations between maternal traits and aggressive behaviour in Large White sows

Abstract

This study examined the possibilities and consequences of selecting pigs for reduced aggression and desirable maternal behaviour. Data were recorded from 798 purebred Large White gilts, with an age of 217 ± 17.7 (mean \pm SD) days, which were observed at mixing with unfamiliar conspecifics. The reaction of the sows towards separation from their litter was assessed for 2,022 litters from 848 Large White sows. Sows' performance during their time in the farrowing unit was scored based on the traits farrowing behaviour (i.e. need of birth assistance), rearing performance (i.e. litter quality at day 10 post partum, pp), usability (i.e. additional labour input during lactation period for treatments) and udder quality of the sow (i.e. udder attachment). For agonistic behaviour traits heritabilities of $h^2 = 0.11 \pm 0.04$ to $h^2 = 0.28 \pm 0.06$ were estimated. For the sow's reaction towards separation from her litter low heritabilities were found ($h^2 = 0.03 \pm 0.03$ for separation test on day 1 pp and $h^2 = 0.02 \pm 0.03$ for separation test on day 10 pp). Heritabilities for lactating sow's performance (farrowing behaviour, rearing performance, usability of the sow and udder quality) in the farrowing unit ranged from $h^2 = 0.03 \pm 0.02$ to $h^2 = 0.19 \pm 0.03$. Due to these results it can be assumed that selection for these traits, e.g. for udder quality or reduced aggression, is possible. Antagonistic associations were found between separation test on day 1 pp and different measures of aggressiveness ($r_g = -0.22 \pm 0.26$ aggressive attack and $r_g = -0.41 \pm 0.33$ reciprocal fighting). Future studies should determine economic as well as welfare-related weights of these traits in order to decide whether selection for these traits will be reasonable.

Key words: aggression, behaviour, genetic parameters, maternal ability, pig

Implications

Social behaviour of animals is of great relevance for their health, welfare and productivity, which may decline due to receipt of harmful social behaviour, such as aggressions. Results of this study suggest that breeding for reduced harmful social behaviour in Large White sows is possible, without losing productivity of the animals. Ultimately, such an approach might lead to a higher collective appreciation of the discipline of swine production.

Introduction

Due to increased public concern about animal welfare in livestock production systems and changed legislation in the EU (e.g. EC directive 2001/88/EC) behaviour traits, which are related to welfare in swine, have come into focus (Brown et al., 2009).

Mixing pigs into new social groups is a routine procedure experienced several times during the life of commercial pigs (Rodenburg and Turner, 2012). Invariably, the mixing of unfamiliar group members is accompanied with aggressions in order to establish a new rank order (Ewbank, 1976). Most aggressive encounters lead to skin lesions, social stress and therewith a suppression of immunocompetence (Muirhead, 1983; Morrow-Tesch et al., 1994), reduced profitability, longevity and welfare of the animals (reviewed by Kongsted, 2004). For delivery of non-reciprocated bullying and reciprocated fighting moderate heritabilities were found (Turner et al., 2009; Appel et al., 2013). Therefore, selection against aggressiveness seems to be possible and may benefit the welfare of the animals (Turner et al., 2010; Tönepöhl, 2012).

Maternal behaviour as well as aggressive behaviour at mixing of unfamiliar pigs is associated with productivity and welfare in pig housing. A main function of maternal behaviour is the minimisation of neonatal mortality (Barnett et al., 2001). However, during farrowing and lactation most sows are still individually confined in crates. With a growing societal concern for animal welfare, there is an increasing interest in abolishing farrowing crates (van Nieuwamerongen et al., 2014) and therewith maternal behaviour traits gain importance. Vital components of maternal behaviour and accordingly good maternal care are a proper bonding between mother and offspring, nursing behaviour, responsiveness

and attentiveness toward the offspring, as well as protectiveness of the offspring towards intruders (reviewed by Grandinson, 2005).

Several different tests have been described in the literature to characterise maternal behaviour in sows (reviewed by Hellbrügge, 2007). Information about the genetic variance of maternal behaviour in sows is rare and available heritabilities are generally low (Grandinson et al., 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008). It is important to note that the restraint of sows for generations may have reduced the selection pressure for some aspects of maternal behaviour (Kirkden et al., 2013). Løvendahl et al. (2005) reported that due to genetic correlations in their study, less aggressive sows were more responsive to the handling of their piglets. In contrast, in a study by Hellbrügge et al. (2008) a positive genetic correlation was found between aggressive behaviour in groups and results from a first separation test. Thus, there is inconclusive information about the implications of integrating behaviour traits into pig breeding programmes. The aim of this study was to estimate genetic parameters for maternal behaviour traits in Large White sows under commercial farm conditions.

Material and Methods

Data

Data were collected from January 2008 to April 2012 on a nucleus farm of the pig breeding company BHZP GmbH, Dahlenburg, Germany. Data for the separation test of the sows were only available for the years 2010 and 2011. Data for maternal behaviour traits included 2,022 purebred litters of 848 purebred Large White sows, i.e. on average there were 2.4 litters per sow included in this study. The mean parity number of the tested sows was 2.45 ± 1.55 . The herd-monitoring software db.Planer (Version V1209, BHZP GmbH, Dahlenburg-Ellringen, Germany) was used on the nucleus farm. Not all gilts and sows were observed in all traits (Table 1). Pedigrees of tested animals were traced back four generations, resulting in a pedigree file comprising 1,803 animals.

Table 1: Recorded behaviour traits and number of phenotyped gilts and sows

Trait	N	No. of sows, studied as gilt	Mean	SD	Min	Max
Aggressive attack (ATTACK)	798		2.04	2.30	0	15
Reciprocal fighting (FIGHT)	798		1.11	1.38	0	9
Separation test day 1 pp (SEPD1)	848	304	1.68	0.94	1	5
Separation test day 10 pp (SEPD10)	863	299	2.28	0.88	1	5
Farrowing behaviour (FARROW)	815	626	1.38	0.61	1	3
Rearing performance (REARING)	815	639	1.55	0.69	1	3
Usability of the sow (USABILITY)	812	640	1.61	0.72	1	3
Udder quality of the sow (UDDER)	790	612	1.92	0.65	1	3

Behaviour traits

All behaviour traits used in this study were designed to be recorded with low extra time and labour, so that these traits may fulfil the requirements for integration into the daily workflow of commercial nucleus farms. Each animal was identified via an ear tag.

Agonistic behaviour in groups

After leaving the rearing unit at an average age of 217 ± 17.7 days, gilts were moved to one of four identically constructed pens in the gestation building. The pens were equipped with partly slatted floors and electronic sow feeders (Mannebeck GmbH, Schüttorf, Germany). Pens had a free surface area of 71 m². The average size of the newly mixed groups of gilts was 18 (range: 14 to 22 animals). For enrichment a scratch brush was installed in every pen. Animals were fed a commercial pelleted diet (12.2 MJ ME); the amount was restricted to 2.8 kg feed per animal per day. From group housing in the rearing unit, on average, 4.00 ± 2.31 gilts were acquainted with each other. The groups were composed on average of 58% (range: 47 - 68%) purebred Large White and 42% (range: 32 - 53%) purebred Pietrain gilts. All gilts were individually marked by a double-sided, numbered ear tag.

The testing period lasted for 30 minutes and started when the last gilt had entered the pen in the gestation building. During the testing time the observer stood in an alley outside of the pen, from which she had a good view of the whole test area. All data were collected alternately by one of two trained observers. Records for agonistic behaviour were collected from 798 Large White gilts and included the behaviour traits described below.

All agonistic encounters shown by the newly mixed gilts were recorded (adapted from Hellbrügge, 2007 and as described in Appel et al., 2013). Aggressive behaviour was subdivided into aggressive attacks (i.e. non-reciprocal aggression, ATTACK) and reciprocal fighting (i.e. reciprocal aggression, FIGHT). Based on this distinction, the trait ATTACK was defined as aggressive interaction, such as biting or snapping, of one gilt directed at another group member. The recipient might show a submissive reaction or respond aggressively to engage in a FIGHT. The frequency of the trait ATTACK per gilt was documented by the observer. The identity of the attacked gilt, which fled or was displaced from the area instead of retaliating, was not recorded. FIGHT was defined as reciprocal fighting, in which two or more involved pigs were seen to be pushing, head knocking, or biting the

opponent(s). For the trait FIGHT, the frequency of fights was documented for all of the involved gilts. Further information about the observed behaviour traits is presented in Appel et al. (2013).

Maternal behaviour (sows' responses in the separation test)

Traits which were associated with maternal behaviour were recorded during the lactation period in the farrowing unit. One week before the expected farrowing date the sows were placed in the farrowing compartments. Each farrowing compartment included 12 farrowing pens; all farrowing pens - equipped with farrowing crates - were of the same type with the dimensions of 2.46 x 1.95 m. The farrowing crates were arranged diagonally to the aisle. The sows were managed in a three - week batch farrowing system with a four - week lactation period. During the first 2 to 12 hours after birth of the last piglet and again around the tenth day after farrowing (10.68 ± 1.57 day, mean \pm SD; range: 7 – 15 day post partum, pp) of life, all piglets underwent procedures, such as tail docking and teeth grinding (day 1 pp), and were individually weighed (day 1 pp and day 10 pp). The reaction of the sows towards the separation from their litter, while the piglets were weighed and handled outside the pen in the aisle, was documented on both occasions (separation test day 1 pp and separation test day 10 pp) by four different observers (adapted from Hellbrügge et al., 2008). The sow's maximum reaction towards the separation of her litter was classified according to five categories, ranging from 1.) no reaction, to 5.) aggressive reaction (Table 2). All farrowings considered for this study were attended and supervised by the nucleus farm staff.

Table 2: Description of the sows’ maximum response categories in the separation tests on day1 post partum (SEPD1) and day 10 post partum (SEPD10)

Code	Description	Separation test		Separation test	
		day 1 pp		day 10 pp	
		SEPD1 (n = 863)		SEPD10 (n = 848)	
		n	%	n	%
1	No reaction	472	54.6	145	17.1
2	Little reaction, e.g. raises her head	253	29.3	413	48.7
3	Medium reaction, e.g. sits up	89	10.4	196	23.1
4	Strong reaction, e.g. stands up	38	4.4	79	9.3
5	Aggressive behaviour, e.g. tries to bite the stockperson	11	1.2	15	1.7

Performance of the lactating sow

Traits associated with the sow’s performance during lactation included behavioural and performance traits (Table 3). The traits farrowing behaviour (i.e. need of birth assistance, FARROW), rearing performance (i.e. litter quality at day 10 pp, REARING) and usability (i.e. additional labour input during lactation period for treatments, USABILITY) were recorded using a three-point score (Table 4) and were evaluated by the herd manager of the nucleus farm. It has to be noted that there is no clear definition of the complex trait usability. The trait udder quality (i.e. udder attachment, UDDER) was evaluated by one person from the breeding division.

Table 3: Definitions of the traits associated with sows' performance and number of phenotyped animals

Trait	Animals	Definition / Categories	Categories	Time of Evaluation
Farrowing behaviour	n = 1,899 litters n = 815 sows	Evaluation of the farrowing behaviour of the sow	1.) farrowed without assistance 2.) slight assistance during farrowing 3.) birth assistance, manual intervention(s)	Whilst and contemporary after farrowing
Rearing performance	n = 1,907 litters n = 815 sows	Visual inspection of litter size and piglet quality per sow	1.) homogenous, well developed litter (min. 12 piglets) 2.) one weaker piglet 3.) heterogeneous litter	Around day 10 pp
Usability of the sow	n = 1,909 litters n = 812 sows	Evaluation of the dedicated labour input per sow	1.) no additional effort 2.) little additional effort 3.) problem sow	Around day 10 pp
Udder quality of the sow	n = 1,837 litters n = 790 sows	Evaluation of the udder quality of the sow	1.) tight attachment, udder following the abdominal line 2.) intermediate udder attachment 3.) very loose, pendulous and unequal udder attachment	Around day 10 pp

Table 4: Frequencies of the sows in categories in the traits associated with lactating sow's performance

Code	FARROW (n = 1,899)		REARING (n = 1,907)		USABILITY (n = 1,909)		UDDER (n = 1,837)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1	1,307	68.8	1,071	56.2	1,014	53.1	460	25.0
2	460	24.2	615	32.2	613	32.1	1 048	57.1
3	132	7.0	221	11.6	282	14.8	329	17.9

FARROW: farrowing behaviour of the sow; REARING: rearing performance of the sow; USABILITY: usability of the sow during lactation;

UDDER: udder quality of the sow

Statistical analysis

Analysis of fixed effects

Data analysis at the phenotypic level was performed using the SAS 9.2 statistical software package (SAS Inst. Inc. Carry, NC). In spite of significant deviations in the scored traits from a normal distribution ($P < 0.05$), all traits were nevertheless analysed using parametric methods due to robustness of these methods to deviations from normality (Geng et al., 1982; Littell et al., 2006) and due to greater efficiency of parametric methods compared to non-parametric methods. The significance of the fixed effects and their interactions was tested with the procedure MIXED. For this purpose, basic models were defined, based on results from earlier studies (e.g. Hellbrügge, 2007; Tönepöhl et al., 2013). These models included test batch (see below for definition) and test pen as fixed effects for the analysis of agonistic behaviour and farrowing batch and parity as fixed effects for the analysis of the maternal behaviour traits and performance of the lactating sow.

Agonistic behaviour in groups: A test batch was defined as a group of gilts, whose behaviour was observed in three consecutive tests, which were conducted within a nine-week period (26 classes). For agonistic behaviour traits (ATTACK and FIGHT, respectively) of gilts the influence of the fixed effect test batch was assessed.

Maternal behaviour (sows' responses in the separation test): Due to low numbers of observations, for a better allocation of the levels '4' and '5' of the sow's reaction at the first separation test (2 to 12h pp, SEPD1) and second separation test (around day 10 pp, SEPD10), these scores were combined for the traits to score '4'. A group of sows which gave birth to their piglets within a period of nine weeks (13 classes) was defined as a farrowing batch. The fixed effect of the parity was divided into three classes, where parity '1' and parity '2' were individual classes and all parities higher or equal '3' were in the third class. The following fixed effects were considered for the analysis of the behaviour traits SEPD1 and SEPD10 in the farrowing unit: farrowing batch, parity, observer (4 classes) and the permanent environmental effect of the sow (pe_{sow}).

Performance of the lactating sow: For the traits related to the lactating sow's performance the fixed effects farrowing batch and parity were included in the model, as well as the permanent environmental effect of the sow.

Statistical significance was accepted at $P < 0.05$. Nonsignificant effects other than those included in the basic models and described above were not included in the final models. These nonsignificant effects included, for example, the number of gilts that were acquainted for the traits describing agonistic behaviour. Pearson correlations were used to calculate phenotypic correlations between the behaviour traits and performance of the sow.

Heritabilities and genetic correlations

The variance components of the agonistic behaviour traits and maternal behaviour traits were estimated univariately using the VCE 4 package (Neumaier and Groeneveld, 1998). The genetic correlations between the observed traits were estimated bivariately. Thus the final models for behaviour as well as performance traits were:

Agonistic behaviour in groups (ATTACK and FIGHT):

$$y_{ijk} = \text{test batch}_i + \text{test pen}_j + e_{ijk}$$

Maternal behaviour (sows' responses in the separation test, SEPD1 and SEPD10):

$$y_{ijklm} = \text{farrowing batch}_i + \text{partity}_j + \text{observer}_k + pe_{sowl} + e_{ijklm}$$

Performance of the lactating sow (FARROW, REARING, USABILITY, UDDER):

$$y_{ijkl} = \text{farrowing batch}_i + \text{partity}_j + pe_{sowk} + e_{ijkl}$$

Results

Agonistic behaviour in groups

The frequency of the trait ATTACK per gilt ranged from 0 to 15, with a mean of 2.04 ± 2.30 . Large White gilts were involved in 0 to 9 reciprocal aggressions (FIGHT), the mean value for the trait FIGHT was 1.11 ± 1.38 . The relatively high standard deviations of the parameters indicated great differences in the agonistic behaviour of the individuals after mixing with unfamiliar conspecifics. The effect test batch significantly impacted the occurrence of

agonistic interactions in Large White gilts. The number of unacquainted animals had no significant effect on ATTACK and FIGHT. Low to moderate heritabilities could be estimated for the observed agonistic behaviour traits. The heritability for the trait ATTACK was $h^2 = 0.28 \pm 0.06$ and for the trait FIGHT the heritability was $h^2 = 0.11 \pm 0.04$.

Maternal behaviour (sows' responses in the separation test)

The sows showed, with a mean value of 2.28 ± 0.88 , a numerically stronger reaction towards the separation of their piglets at SEPD10, compared to their response within the first 2 to 12 hours after birth (1.68 ± 0.94 , mean \pm SD). There was no significant difference between the behaviour of the sows at different parities at SEPD1 and SEPD10. The test batch did not influence the response of the sows at the two separation tests, but the scores at SEPD10 were significantly affected by the observer. Heritabilities of a low magnitude were estimated for SEPD1 and SEPD10. The standard errors were high and in the range with the corresponding heritabilities (Table 5).

Table 5: Heritabilities (\pm s.e.), additive genetic variance (σ^2_a) and random permanent effect of the sow (σ^2_{sow}) for behaviour traits (ATTACK, FIGHT, SEPD1 and SEPD10) and sows' performance traits evaluated during lactation

	h^2	σ^2_a	σ^2_{sow}
Aggressive attack (ATTACK)	0.28 ± 0.06	1.174	
Reciprocal fighting (FIGHT)	0.11 ± 0.04	0.191	
Separation test day 1 pp (SEPD1)	0.03 ± 0.03	0.021	0.11 ± 0.03
Separation test day 10 pp (SEPD10)	0.02 ± 0.03	0.019	0.03 ± 0.02
Farrowing behaviour (FARROW)	0.08 ± 0.02	0.030	0.06 ± 0.02
Rearing performance (REARING)	0.03 ± 0.02	0.015	0.09 ± 0.02
Usability of the sow (USABILITY)	0.03 ± 0.02	0.016	0.13 ± 0.03
Udder quality of the sow (UDDER)	0.19 ± 0.03	0.081	0.20 ± 0.03

Performance of the lactating sow

All traits associated with the sow's performance during lactation were affected significantly by the test batch as well as by the parity number. For the traits FARROW, REARING and USABILITY of the sow, the second parity sows received the lowest and therefore best scores (Figure 1). Primiparous sows had the best scores for the trait UDDER, and there is a gradual deterioration of the trait UDDER with higher parities. Variance components are given in Table 5. The conformation trait UDDER had the highest heritability.

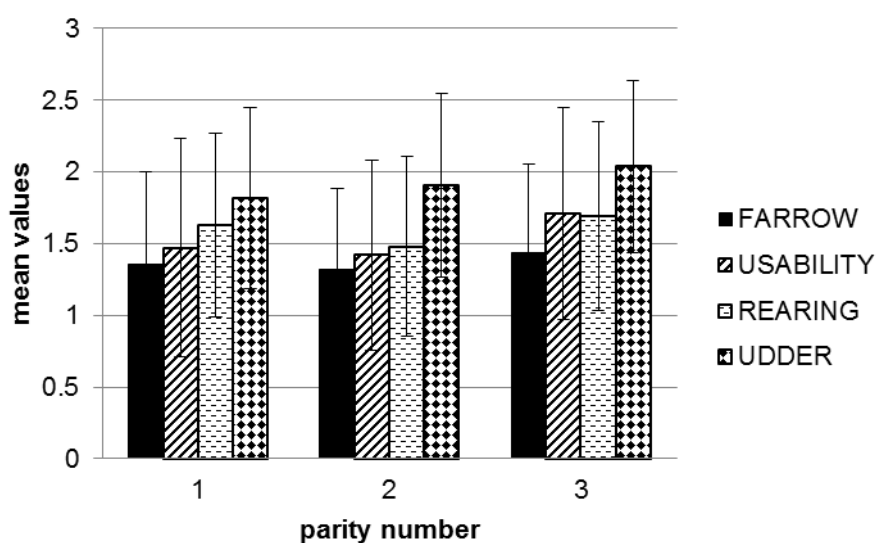


Figure 1: Mean values (with standard error bars) of farrowing behaviour (FARROW), rearing performance (REARING), usability of the sow (USABILITY) and udder quality of the sow (UDDER) for sows in different parities

Correlations between the behavioural traits

Among the two traits concerning agonistic behaviour (ATTACK and FIGHT, respectively) a high genetic correlation with low standard error ($r_g = 0.97 \pm 0.03$) was found. However, with this correlation the part-whole relationship between the behaviour traits ATTACK and FIGHT has to be considered, i.e. gilts which were involved in reciprocal fighting (FIGHT) were simultaneously also recorded for the trait ATTACK. Negative genetic correlations

between agonistic behaviour traits of newly mixed gilts and the trait SEPD1 were estimated ($r_g = -0.22 \pm 0.26$ and $r_g = -0.41 \pm 0.33$ for ATTACK and FIGHT, respectively). Thus, more aggressive sows (ATTACK and FIGHT, respectively) tended to be genetically predisposed to be less responsive in the first separation test.

The estimated genetic correlation between the traits SEPD1 and SEPD10 was highly positive ($r_g = 0.98 \pm 0.24$). A negative genetic correlation was estimated between the traits SEPD10 and the trait USABILITY of the lactating sow ($r_g = -0.27 \pm 0.29$). Sows with farrowing complications were less responsive in SEPD1 ($r_g = -0.34 \pm 0.41$). Sows that showed more aggressive attacks needed less extra labour input (e.g. for caring) by the farm staff during lactation ($r_g = -0.25 \pm 0.19$). Positive genetic correlations were found between the trait REARING and aggressive behaviour traits ($r_g = 0.32 \pm 0.22$ and $r_g = 0.19 \pm 0.27$ for ATTACK and FIGHT, respectively). More aggressive sows had higher (poorer) scores for REARING and UDDER (Table 6).

Table 6: Genetic correlations within the behavior traits and traits for sows' performance during lactation

	FARROW	REARING	USABILITY	UDDER
ATTACK	-0.02 ± 0.13	0.32 ± 0.22	-0.25 ± 0.19	0.17 ± 0.12
FIGHT	0.12 ± 0.18	0.19 ± 0.27	-0.43 ± 0.24	0.36 ± 0.18
SEPD1	-0.34 ± 0.41	-0.18 ± 0.67	0.45 ± 0.61	0.12 ± 0.31

ATTACK: aggressive attack at mixing; FIGHT: reciprocal fighting at mixing; SEPD1: Separation test day 1 pp; FARROW: farrowing behaviour of the sow; REARING: rearing performance of the sow; USABILITY: usability of the sow during lactation; UDDER: udder quality of the sow

For all genetic correlations high standard errors were estimated. Among the traits REARING and UDDER a genetic correlation of high magnitude was estimated. This implies that sows with a better udder also had more uniform and marketable piglets at their side

on day 10 pp. Table 7 shows the genetic and phenotypic correlations between the lactating sow's performance traits.

Table 7: Genetic correlations (above diagonal) and phenotypic correlations (below diagonal) within the traits for sows' performance during lactation

	FARROW	REARING	USABILITY	UDDER
FARROW		0.43 ± 0.25	0.59 ± 0.23	0.05 ± 0.16
REARING	0.22		0.91 ± 0.07	0.77 ± 0.27
USABILITY	0.33	0.65		0.56 ± 0.22
UDDER	0.11	0.18	0.14	

FARROW: farrowing behaviour of the sow; REARING: rearing performance of the sow;
USABILITY: usability of the sow during lactation; UDDER: udder quality of the sow

Discussion

Agonistic behaviour traits

The estimated heritabilities in this study for the traits ATTACK and FIGHT in Large White gilts agree with the findings of Løvendahl et al. (2005), who likewise found low to moderate heritabilities for frequencies of mild and severe attacks of mixed sows. Appel et al. (2013) found moderate heritabilities for the traits ATTACK and FIGHT in purebred Pietrain gilts. For non-reciprocal aggression and reciprocal aggression of 70.5 day old pigs Turner et al. (2009) as well as D'Eath et al. (2009) found heritabilities of a moderate to high magnitude. Turner et al. (2009) noted that selection against post-mixing lesions could not only reduce immediate aggression at mixing, but also translate into a long-term impact on injuries from aggression, even after dominance relationships are established. However, for

a more thorough understanding of aggressiveness, in future studies it should additionally be recorded whether an attack resulted in a fight and whether an individual pig initiated the fight or not.

Maternal behaviour (sows' responses in the separation test)

Sows were less responsive towards the SEPD1 than to the SEPD10. The slow reactive behaviour of the sows at the SEPD1 may be affected by the physical exhaustion of farrowing (Hellbrügge et al., 2008; Tönepöhl, 2012; Voß et al., 2013). In this study, sows which needed birth assistance (e.g. provoked by a prolonged parturition) reacted less towards SEPD1. In accordance with the studies by Grandinson et al. (2003) and Vangen et al. (2005) it can be assumed that the parity number and therewith the experience of the sow has no effect on their reaction at the separation test. Heritabilities for SEPD1 and SEPD10 were low and in the range with heritabilities in the literature for the behaviour traits observed during the time in the farrowing unit (Grandinson et al., 2003; Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008). For the evaluation of the traits SEPD1 and SEPD10, it must be considered that there is a conflict: on the one hand sows that are highly responsive towards their litter are preferred but on the other hand a high responsiveness of a sow may go along with more posture changes, which can increase the risk of crushing (Damm et al., 2000; Wischner, 2009).

Performance of the lactating sow

Farrowing behaviour

The heritability for the trait FARROW was in the range with the results of few studies, which analysed the genetic variation of farrowing behaviour traits, even though the definitions of the traits differ slightly. Holm et al. (2004) observed the necessity of birth assistance ($h^2 = 0.05$) in Norwegian Landrace sows. The need of birth assistance in Large White sows was recorded by the farmers in a study of Canario et al. (2006). They found heritabilities of $h^2 = 0.05$ and $h^2 = 0.03$ (considered as continuous and binary trait, respectively) for this trait. These low heritabilities may indicate that the frequency and therewith the variation in farrowing behaviour and birth assistance depends to a large

extent on environmental factors, such as the management of the farm and the breed of the sows.

Litter size, farrowing duration and the application of birth intervention are found to be risk factors for the occurrence of sow infections in the peri-parturient period, like the coliform mastitis (Gerjets, 2011). Postparturient disorders, like coliform mastitis, might affect serious economic losses due to lower productivity of affected sows and higher preweaning piglet mortalities (Gerjets and Kemper, 2009). Results of this study show that good farrowing behaviour is associated with good rearing performance and low extra work per sow. Despite the low heritability, selection for the trait FARROW might even decrease the risk for postparturient disorders.

Rearing performance

Piglet survival and the number of weaned piglets have been identified as some of the main factors affecting the economic performance of pig production. Concerning the trait REARING, it should be noted that components of this trait like carefulness with body position changes or lying down, less aggressiveness towards piglets, high milk production and good nursing behaviour, can be also attributed to the trait USABILITY of the sow.

The highest piglet mortality is observed within the first five days pp with more than 50% of all pre-weaning, predominantly from crushing and starvation (Grandinson et al., 2003; Hellbrügge, 2007). In literature heritabilities of low magnitude were found for the number of weaned piglets (Serenius and Stadler, 2004; Sevón-Aimonen et al., 2012). Due to challenges associated with increasing prolificacy the trait REARING including aspects, which were associated directly with maternal ability, such as piglet's growth and milk yield, are of great relevance and will gain importance in future. This trait is suitable for commercial pig farming, e.g. for closed herd systems.

Usability of the sow

Although currently implemented in practice (Voß et al., 2013) there is no clear definition of the complex trait USABILITY. The usability and with that the (extra) labour input per sow has recently been given greater focus because of increasing herd size, resulting in decreased time spent per animal and a higher amount of unskilled workers on commercial pig farms. Nowadays sows have to adapt quickly and without causing difficulty to new

staff, unacquainted conspecifics and husbandry technology. In the farrowing unit sows should have a good voluntary feed intake and a low medication frequency, so that the labour input per sow and the resulting costs are low. Due to the high genetic correlation between the trait USABILITY and the trait REARING an autocorrelation can be assumed. Extra work per lactating sow, for example that provoked by post parturient disorders, might go along with a lower number of weaned piglets and an increase of antibiotic use. Literature in this field is rare. Only Vangen et al. (2005) estimated in their study based on questionnaires sent to Norwegian nucleus farms a low heritability for the question: 'is the sow's overall behaviour good for you as farmer (in relation to aggressiveness, fear and handling)?', - which includes some aspects of the trait USABILITY.

Udder quality of the sow

Litter size is included in the goal of most pig breeding programmes. To wean large numbers of fast growing uniform piglets a healthy udder of the sow with well-functioning mammary glands is important (Nielsen et al., 2001). For piglets' survival even the number of teats is critical – each piglet needs a teat. The quality of the udder is also important for the longevity of the sow. Engblom et al. (2007) reported that udder problems, including low or no milk production as well as mastitis and udder abscesses, are the second most frequent involuntary culling reason of sows in Sweden. Morphological and genetic studies on the sows' udder are scarce and restricted to functional teat number in terms of milk production. The estimated heritability of the total number of teats and the number of functional teats, both at 3 weeks of age and at 100 kg live weight, was in the range $h^2 = 0.36$ to 0.42 (Chalkias et al., 2013). However, selection for greater teat number has practical difficulties and may have undesirable side-effects, i.e. if it is associated with a longer spine and associated defects (Rutherford et al., 2013). While rare in sows, udder conformation in cows, sheep and goats have been well studied, since this determines the aptitude for mechanical milking (e.g. Berry et al., 2004; Pitchard et al., 2010). Due to the adequate heritability for the trait UDDER in the present study it can be assumed that a selection for good udder quality and firm udder attachment also in higher parities seem to be practicable. The genetic correlation between UDDER and REARING was on a high level. Thus, results of this study indicate that by a selection for udder quality, a higher number of piglets can be weaned and subsequently marketed. Also the sows' longevity might increase

as udder problems are a frequent culling reason (Engblom et al., 2007). This might have positive effects on the profitability of the pig farms and the welfare of the animals.

Correlations of the behavioural traits

The genetic correlation between ATTACK and FIGHT was on a high positive level, indicating that these behaviour traits share the same genetic basis beyond that imposed by the part-whole relationship. The genetic correlation fell into range with genetic correlations between reciprocal aggression and the delivery of non-reciprocal aggression reported in other studies (Turner et al., 2008; D'Eath et al., 2009; Appel et al., 2013). A high positive genetic correlation was also found between SEPD1 and SEPD10, which indicates that these behaviour traits assessed at different points in time measured the same dimension of personality and therefore have a similar genetic background. The lower reaction towards SEPD1 compared to SEPD10 might be provoked by the exhaustion after parturition. Løvendahl et al. (2005) also found a favourable (negative) genetic correlation between the response of the sow to their piglets being handled and fewer mild and severe aggressions at the mixing of sows. The results indicate that less aggressive sows were stronger responding mothers. In a study of Andersen et al. (2005), sows which were not performing any fatal crushing within one lactation had a more protective mothering style and avoided conflicts to a larger extent in a grouping situation, than those who crushed several of their offspring. In contrast, the genetic correlation in a study of Hellbrügge et al. (2008) showed that aggressive sows were more responsive towards their litters in the separation test, especially on the day of giving birth. Due to the negative genetic correlation between response to separation tests and aggressiveness in the present study, it can be supposed that breeding for lower aggressiveness in pigs has no unfavourable effect on maternal behaviour.

The correlations between the trait USABILITY and agonistic behaviour traits point out that more aggressive sows at the time of mixing needed lower work time input during the period of housing in the farrowing unit. It might be that aggressive sows are physically stronger, so that these sows do not need any extra supervision during lactation. Contrary to this, calmer sows at mixing showed a better rearing performance. All sow performance traits, which were evaluated during lactation, were positively correlated. Considerable

autocorrelations between these traits can be assumed (Hellbrügge and Henne, 2010). Nevertheless, a good rearing performance is supported by a good and persistent udder quality, low extra-time per sow and no complications at farrowing. A successful farrowing without any assistance even decreases the risk of postparturient disorders (Preissler et al., 2013).

All traits within this study could be recorded with low extra time. For example, for traits associated with agonistic behaviour observation time amounted to an average of 1.67 minutes per animal (range: 1.36 – 2.14). Especially the agonistic behaviour traits as well as traits associated with the sow's performance during lactation seem to be possible management and selection criteria and therefore can be established in commercial pig- and nucleus farms. Due to low heritabilities and a lack of significant correlations with other traits, the separation test does not characterise maternal behaviour well.

Conclusion

Behaviour traits, such as maternal ability or aggressive behaviour, will likely further gain importance in pig breeding programmes in addition to traits such as litter size, growth rate, carcass attributes and feed efficiency, due to current trends in pig production. The results of this study suggest that breeding simultaneously for both reduced aggression and good maternal ability is possible. Therefore the implementation of these traits for selection in commercial pig farms is feasible and desirable.

Acknowledgements

This study was performed within the project 'Investigations of possibilities to integrate behaviour traits in pig breeding programmes', funded by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) in the framework of the programme 'Innovation facilitation' (PGI-06.01-28-1-35.026-08). We thank the staff of the 'BHZP GmbH' for their support during the recording of the data.

References

- Andersen, I. L., Berg, S., Bøe, K. E., 2005. Crushing of piglets by the mother sow (*Sus scrofa*)—purely accidental or a poor mother? *Applied Animal Behaviour Science* 93, 229-243.
- Appel, A. K., Voß, B., Tönepöhl, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2013. Variance components of aggressive behavior in genetically highly connected Pietrain populations kept under two different housing conditions. *Journal of Animal Science* 91, 5557-5563.
- Barnett, J. L., Hemsworth, P. H., Cronin, G.M., Jongman, E. C., Hutson, G. D., 2001. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, 1-28.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Veerkamp, R. F., 2004. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43, 161–176.
- Brown, J. A., Dewey, C., Delange, C. F. M., Mandell, I. B., Purslow, P. P., Robinson, J. A., Squires, E. L., Widowski, T. M., 2009. Reliability of temperament tests on finishing pigs in group-housing and comparison to social tests. *Applied Animal Behaviour Science* 118, 28–35.
- Canario, L., Roy, N., Gruand, J., Bidanel, J. P., 2006. Genetic variation of farrowing kinetics traits and their relationships with litter size and perinatal mortality in French Large White sows. *Journal of Animal Science* 84, 1053–1058.
- Chalkias, H., Rydhmer, L., Lundeheim, N., 2013. Genetic analysis of functional and non-functional teats in a population of Yorkshire pigs. *Livestock Science* 152, 127-134.
- Damm, B. I., Vestergaard, K. S., Schrøder-Petersen, D. L., Ladewig, J., 2000. The effect of branches on prepartum nest building in gilts with access to straw. *Applied Animal Behaviour Science* 69, 113-124.
- D'Eath, R. B., Roehe, R., Turner, S. P., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lawrence, A. B., 2009. Genetics of animal temperament: aggressive behaviour at mixing is genetically associated with the response to handling in pigs. *Animal* 3, 1544-1554.

- Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A.-M., Andersson, K., 2007. Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Science* 106, 76–86.
- Ewbank R 1976. Social hierarchy in suckling and fattening pigs: A review. *Livestock Production Science* 3, 363-372.
- Geng, S., Schneeman, P., Wang, W.-J., 1982. An empirical study of the robustness of analysis of variance procedures in the presence of commonly encountered data problems. *American Journal of Enology and Viticulture* 33, 131-134.
- Gerjets, I. Kemper, N., 2009. Coliform mastitis in sows: A review. *Journal of Swine Health and Production* 17, 97-105.
- Gerjets, I., 2011. Coliform mastitis in sows: Analysis of potential influencing factors and bacterial pathogens with special emphasis on *Escherichia coli*. PhD thesis. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Grandinson, K., Rydhmer, L., Strandberg, E., Thodberg, K., 2003. Genetic analysis of on-farm tests of maternal behaviour in sows. *Livestock Production Science* 83, 141-151.
- Grandinson, K., 2005. Genetic background of maternal behaviour and its relation to offspring survival. *Livestock Production Science* 93, 43-50.
- Hellbrügge, B., 2007. Genetic aspects of piglet losses and the maternal behaviour of sows. PhD thesis. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Hellbrügge, B., Tölle, K.-H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 2. Genetic relationship between maternal behaviour in sows and piglet mortality. *Animal* 2, 1281–1288.
- Hellbrügge, B., Henne, H., 2010. Integration von Verhaltensmerkmalen in Schweinezuchtprogramme. *DGfZ-Schriftenreihe* 56, 52-63.
- Holm, B., Bakken, M., Vangen, O., Rekaya, R., 2004. Genetic analysis of litter size, parturition length, and birth assistance requirements in primiparous sows using a joint linear-threshold animal model. *Journal of Animal Science* 82, 2528–2533.
- Kirkden, R. D., Broom, D. M., Andersen, I. L., 2013. Invited review: piglet mortality: management solutions. *Journal of Animal Science* 91, 3361-3389.

- Kongsted, A. G., 2004. Stress and fear as possible mediators of reproduction problems in group housed sows: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 54, 58-66.
- Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., Schabenberger, O., 2006. SAS® for Mixed Models, 2nd Edition, p. 834., Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA:
- Løvendahl, P., Damgaard, L., Nielsen, B. L., Thodberg, K., Su, G., Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. *Livestock Production Science* 93, 73-85.
- Morrow-Tesch, J., McGlone, J. J., Salak-Johnson, J. L., 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *Journal of Animal Science* 72, 2599-2609.
- Muirhead, M. R., 1983. Pig housing and environment. *The Veterinary Record* 113, 587-593.
- Neumaier, A., Groeneveld, E., 1998. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Genetics Selection Evolution* 30, 3-26.
- Nielsen, O. L., Pedersen, A. R., Sørensen, M. T., 2001. Relationships between piglet growth rate and mammary gland size of the sow. *Livestock Production Science* 67, 273–279.
- Preissler, R., Tetens, J., Reiners, K., Looft, H., Kemper, N., 2013. A genome-wide association study to detect genetic variation for postpartum dysgalactia syndrome in five commercial pig breeding lines. *Animal genetic* 44, 502-508.
- Pritchard, T., Coffey, M., Mrode, R., Moore, K., Wall, E., 2010. Genetic Parameters of Udder Health Traits in Holstein Friesian UK Dairy Cattle (ID487), Paper presented at the 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1 - 6 August 2010, Leipzig, Germany.
- Rodenburg, T. B., Turner, S. P., 2012. The role of breeding and genetics in the welfare of farm animals. *Animal Frontiers* 2 (3), 16-21.
- Rutherford, K. M. D., Baxter, E. M., D'Eath, R. B., Turner, S. P., Arnott, G., Roehe, R., Ask, B., Sandoe, P., Moustsen, V. A., Thorup, F., Edwards, S. A., Berg, P., Lawrence, A. B., 2013. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. *Animal Welfare* 22 199-218.

- Serenius, T., Stalder, K. J., 2004. Genetics of length of productive life and lifetime prolificacy in the Finnish Landrace and Large White pig populations. *Journal of Animal Science* 82, 3111–3117.
- Sevón-Aimonen, M.-L., Haltia, S., Uimari, P., 2012. Heritability of sow longevity and life time production in Finnish Large White and Landrace pigs. Paper presented at the 63rd Annual Meeting of the Federation of Animal Science, 27 - 31 August 2012, Bratislava, Slovakia, p. 271.
- The Council of the European Union 2001. Council Directive 2001/88/EC amending Directive 91/630/EEC laying down minimum standards for the protection of pigs. Retrieved 8 January 2015, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0088&from=EN>
- Tönepöhl, B., 2012. Untersuchungen zur Erfassung und Genetik von Verhaltensmerkmalen beim Schwein unter Praxisbedingungen. PhD thesis. Georg-August-University, Göttingen, Deutschland.
- Tönepöhl, B., Appel, A. K., Voss, B., König v. Borstel, U., Gauly, M., 2013. Interaction between sow's aggressiveness post mixing and skin lesions recorded several weeks later. *Applied Animal Behaviour Science* 144, 108-115.
- Turner, S. P., Roehe, R., Mekki, W., Farnworth, M. J., Knap, P. W., Lawrence, A. B., 2008. Bayesian analysis of genetic associations of skin lesions and behavioural traits to identify genetic components of individual aggressiveness in pigs. *Behavior Genetics* 38, 67-75.
- Turner, S. P., Roehe, R., D'Eath, R. B., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lundeheim, N., Rydhmer, L., Lawrence, A. B., 2009. Genetic validation of post-mixing skin injuries in pigs as an indicator of aggressiveness and the relationship with injuries under more stable social conditions. *Journal of Animal Science* 87, 3076-3082.
- Turner, S. P., D'Eath, R. B., Roehe, R., Lawrence, A. B., 2010. Selection against aggressiveness in pigs at re-grouping: practical application and implications for long-term behavioural patterns. *Animal Welfare* 19 (S), 123-132.
- Vangen, O., Holm, B., Valros, A., Lund, M. S., Rydhmer, L., 2005. Genetic variation in sow's maternal behaviour recorded under field conditions. *Livestock Production Science* 93, 63-71.

- van Nieuwamerongen, S. E., Bolhuis, J. E., van der Peet-Schwering, C. M. C., Soede, N. M., 2014. A review of sow and piglet behaviour and performance in group housing systems for lactating sows. *Animal* 8, 448-460.
- Voß, B., Appel, A. K., Henne, H., 2013. Nutzung von Verhaltensparametern. *DGfZ-Schriftenreihe* 62, 71-79.
- Wischner, D., 2009. Sows`maternal behavior as a major influence in the survival of piglets. PhD thesis. Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.

KAPITEL VI

Allgemeine Diskussion

Kapitel VI: Allgemeine Diskussion

6.1 Mütterlichkeit

Die Mütterlichkeit von Sauen ist ein sehr komplexes Merkmal, von dem das mütterliche Verhalten nur ein Bestandteil ist. Die meisten Aspekte des mütterlichen Verhaltens von Sauen blieben von der Domestikation unbeeinflusst (Spinka et al., 2000).

Es ist möglich, die Mütterlichkeit einer Sau direkt oder indirekt zu bewerten. Eine indirekte Bewertung wäre möglich durch die Erfassung von Parametern, die einen großen maternalen Effekt aufweisen oder Merkmale, die leicht zu erfassen sind, eine ausreichende Erblichkeit aufweisen, sowie eine entsprechend hohen Korrelationen zu dem Zielmerkmal haben. Die Saugferkelverlustrate, das Geburtsgewicht, die Anzahl lebend geborener Ferkel, sowie die Zunahmen der säugenden Ferkel (Roehe et al., 1999; Grandinson, 2003; Su et al., 2008; Hellbrügge et al., 2008a, Roehe et al., 2010) wären solche Parameter, die einen großen maternalen Effekt aufweisen, sowie leicht und ohne großen zusätzlichen Aufwand zu erfassen sind. Generell wurden negative Korrelationen zwischen den direkten und maternalen Effekten geschätzt (van Arendonk et al., 1996; Arango et al., 2006; Su et al., 2008; Ibanez-Escriche et al., 2009, Roehe et al., 2010). Es kann angenommen werden, dass die direkten genetischen Effekte und maternal genetischen Effekte sich antagonistisch bezüglich der maternalen Ressourcen für die Ferkel verhalten, v.a. bei hohen Wurfgrößen (Roehe et al., 2010). Die Erblichkeiten für Merkmale, die mit der Überlebensrate von Ferkeln in Verbindung stehen sind generell niedrig, dennoch scheint die genetische Varianz groß genug zu sein, um eine Verbesserung durch züchterische Maßnahmen zu erzielen (Knol et al., 2002; Su et al., 2008; Roehe et al., 2009). In der Vergangenheit wurde vermehrt der umgekehrte Ansatz erforscht, also Merkmale aus dem Bereich der Mütterlichkeit gesucht, die als korreliertes Selektionsmerkmal für eine Senkung der Saugferkelverlustrate dienen könnten. Heute, wo die Bedeutung von Tierverhalten gestiegen ist, wird versucht Verhaltensparameter als direkte Merkmale in der Zucht einzusetzen. Aufgrund der limitierten Arbeitszeit pro Tier und der zunehmenden Haltung

von laktierenden Sauen in in Systemen, die größere Bewegungsmöglichkeiten für die Sau zulassen, wird ein gutes mütterliches Verhalten von Sauen immer wichtiger. Schwierigkeiten könnte es geben, wenn die Sauen in diesen Systemen nur ein gering ausgeprägtes mütterliches Verhalten zeigen, denn die alternative Haltungsumwelt kann dies nicht kompensieren (Valros, 2003).

In der Literatur kann eine Vielzahl von Verhaltenstests gefunden werden (s. **Kapitel 3**), mit welchen das mütterliche Verhalten von Sauen charakterisiert werden soll. Mit Hilfe von Verhaltenstests können Verhaltensparameter, die mit dem Merkmal Mütterlichkeit verbunden sein sollen, direkt am Tier erfasst werden. Viele in der Literatur verwendete Verhaltenstests weisen Unterschiede im Versuchsaufbau und in der Skalierung für die Beurteilung bzw. Notengebung der Merkmale auf, zudem unterscheiden sich die in den Versuchen eingesetzten Schweinerassen. Aufgrund dessen ist eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Studien nur schwer möglich und die Übertragbarkeit ist begrenzt. Die Anzahl von Studien, in denen genetische Parameter für die mit Mütterlichkeit in Verbindung stehenden Verhaltensparameter geschätzt wurden, ist gering. Zudem liegen die berechneten Werte für die genetischen Parameter auf einem niedrigen Niveau (s. **Kapitel 3**).

Der Versuchsaufwand, der in der Literatur verwendeten Verhaltenstests, ist häufig sehr kostenintensiv. So wird für den „Human Approach Test“ und den „Ferkel-Schrei-Test“ viel Zeit benötigt für die Versuchsdurchführung bzw. die Versuchsvorbereitung. Aufgrund des erhöhten Zeitaufwands und der damit verbundenen Kosten sind viele Verhaltenstests nicht dazu geeignet in der Praxis angewandt zu werden. Die Integration von Verhaltenstests in Praxisbetrieben wäre positiv, um eine ausreichend hohe Anzahl von Beobachtungen generieren zu können, die notwendig wären für eine spätere Verwendung der Daten für die Zuchtwertschätzung.

Der in dieser Arbeit verwendete Separationstest bedarf wenig zusätzlicher Zeit, da er während der normalen Managementmaßnahmen auf dem Betrieb stattfindet. Somit ist dieser Test generell dazu geeignet, in Praxisbetrieben durchgeführt zu werden. Allerdings ist eine vorrausgehende intensive Schulung des Personals vor der Umsetzung des Verhaltenstests in der Praxis notwendig, damit das Verhalten der Sauen richtig klassifiziert wird. Eine regelmäßige Schulung des Personals erscheint ebenfalls sinnvoll. Auf diese Weise kann die Objektivität bei der Beurteilung der Tiere selbst über einen längeren

Zeitraum gewahrt werden. Zudem scheint es wichtig, dass der teilnehmende Betrieb bzw. Betriebsleiter ein Interesse an einem Versuch hat und die Beurteilungen gewissenhaft durchgeführt werden. Nichtsdestotrotz besteht bei dem Separationstest, wie bei allen Verhaltenstest mit subjektiver Bewertung, die Gefahr eines sogenannten Beobachtereffekts (s. **Kapitel 5**) und auch das Management des Betriebes könnte einen Einfluss auf das Verhalten der Tiere ausüben.

Eine Verbesserung des mütterlichen Verhaltens ist vornehmlich für die Mutterlinien der Zuchtunternehmen interessant. Dennoch sollte auch für die Vaterlinien das Merkmal Mütterlichkeit nicht außer Acht gelassen werden. Zudem gilt es in weiteren Untersuchungen zu prüfen, inwieweit die Mütterlichkeit mit Vitalitätsparametern korreliert ist.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit ist festzuhalten, dass der Separationstest, trotz aller Vorteile in der Umsetzbarkeit, aufgrund seiner sehr geringen Erblichkeit, geringen additiv genetischen Varianz und fehlender genetischer Korrelationen zu anderen indirekten Merkmalen für die Mütterlichkeit (s. **Kapitel 5**) nicht dazu geeignet scheint die Mütterlichkeit einer Sau abzubilden oder gar als indirektes Selektionsmerkmal zur Verbesserung der Saugferkelverluste zu dienen.

Die Suche nach weiteren Möglichkeiten, um die mütterlichen Fähigkeiten zu verbessern muss fortgesetzt werden, da weder der verwendete Separationstest noch andere in der Literatur beschriebene Verhaltenstests für eine breite Merkmalerfassung und spätere Verwendung in der Zucht geeignet scheinen. Ein möglicher Ansatz wäre die Erfassung von Parametern, die mit der Mütterlichkeit der Sau in Verbindung (s. **Kapitel 5**) stehen, für die aber keine direkte Tierbeobachtung mittels Verhaltenstests nötig ist.

6.1.1 Muttereigenschaften – indirekte Merkmalerfassung

Komponenten der Mütterlichkeit einer Sau wurden in dieser Arbeit, neben den direkten Tierbeobachtungen für den Separationstest, bei laktierenden Sauen erfasst.

Geburtsverhalten

Eine einfache Geburt scheint die ideale Grundlage für eine gute Leistung während der Laktation zu sein. Eine komplikationsfreie Geburt geht laut den Ergebnissen der vorliegenden Studie und der Untersuchung von Hellbrügge und Henne (2010) meist mit einer guten Aufzuchtleistung und damit auch einen geringerem Arbeitsaufwand (Gebrauchsfähigkeit), sowie einer guten Gesäugestabilität einher. Sauen, die eine normale, problemlose Geburt haben, neigen seltener zu Nachgeburtverhalten (Plonait, 2004). Aus diesen Gründen ist eine bessere Aufzuchtleistung erklärbar.

Aufzuchtleistung

Mit einer guten Aufzuchtleistung ist die angemessene Aufmerksamkeit der Sau gegenüber ihren Ferkeln verknüpft, sowie ein gutes Säugeverhalten. Saugferkelverluste durch Erdrücken und Verhungern zählen zu den wichtigsten Verlustursachen bei Ferkeln (Algers et al., 1990; Edwards et al., 1994; Weary et al., 1996; Hellbrügge et al., 2008a). Eine aufmerksame Sau, ein gutes Säugeverhalten und -leistung können zur Reduzierung dieser Verluste beitragen. Eine positive Korrelation kann in der vorliegenden Arbeit zwischen dem Merkmal Aufzuchtleistung und den Merkmalen Geburtsverhalten, Gebrauchsfähigkeit und Gesäugequalität berechnet werden.

Ein anderer Ansatz hinsichtlich der Saugferkelverluste wird in einer Studie von Andersen et al. (2011) beschrieben. Die Autoren berichten, dass Erdrückungsverluste häufig geschehen, nachdem die Sau sich nach ihren Ferkeln umgesehen hat (Andersen et al., 2005). Daraus leiten Andersen et al. (2011) ab, dass sich die Sau der Position ihrer Ferkel durchaus bewusst ist und das Erdrücken der Ferkel kein bedauerlicher Unfall ist. Dieser Theorie kann anhand der aktuellen und auch z.T. bisher unveröffentlichten Ergebnisse bzgl. der Korrelation zwischen dem indirekten Merkmal Aufzuchtleistung, Saugferkelverlusten und Anzahl lebend geborener Ferkel nicht zugestimmt werden.

Ein weiteres Plus bei den Ferkelzahlen wird für die nächsten Jahre erwartet (Bäurle und Schnippe, 2012). Zur besseren Versorgung von großen Würfen oder im Krankheitsfall der Sau und damit zur Vermeidung von Saugferkelverlusten wird in der Praxis zunehmend mit Ammensauen oder künstlichen Ammen gearbeitet. Die Verwendung von Ammen hat, neben den positiven Effekten für die Rettung von Ferkelleben und damit einer höheren Anzahl abgesetzter Ferkel auch einige Aspekte, die kritisch zu betrachten sind. Die Ferkel werden bei dem Einsatz von Ammen z.T. früh von der Sau abgesetzt. Es ist allgemein bekannt, dass ein früher Verlust der sozialen Bindung zur Mutter die spätere Verhaltensentwicklung der Nachkommen, sowie ihre Fähigkeiten Stress und Krankheiten zu bewältigen negativ beeinflusst (Hofer, 1996; Weber et al., 2015). Natürliche Ammen verbringen zusätzliche Zeit in der Abferkelung und damit zumeist im Ferkelschutzkorb. Die Verwendung von natürlichen oder künstlichen Ammen ist ein zusätzlicher Kostenfaktor. Künstliche Ammen sind flexibel einsetzbar, jedoch sind die Anschaffungskosten sowie die Ansprüche an die Hygiene hoch und die zu verwendende Milch ist relativ teuer. Ammensauen weisen eine längere Zwischenwurfzeit auf und stehen in dieser Zeit nicht für die Produktion zur Verfügung. Bei der Verwendung von Schlachtsauen als Ammensauen, fallen zusätzliche Kosten in Form von Futterkosten und die Kosten für den nicht zur Verfügung stehenden Platz im Abferkelabteil an, zusätzlich kann durch die Verwendung von Schlachtsauen als Ammensauen nicht das „Rein-Raus-Prinzip“ in der Abferkelung verwendet werden, so dass eine erhöhte Gefahr der Verschleppung von Krankheiten besteht (Maßfeller und Hilgers, 2010; Blaha et al., 2010). Die Verwendung von natürlichen und künstlichen Ammen könnte Gegenstand der öffentlichen Tierschutzdiskussion werden. Eine Variante in diesem Bereich, die womöglich in Zukunft stärker eingesetzt wird, könnte die Zufütterung über Tränkeschalen oder sogenannte Milch-Cups sein, auf diese Weise wird die Sau entlastet und die Ferkel in ihrer Entwicklung unterstützt.

Eine Sau mit guten Muttereigenschaften, einer hohen Milchleistung und stabilen Gesäuge, die eine hohe Anzahl Ferkel aufziehen kann, ist daher momentan und auch in Zukunft von großer Bedeutung.

Gebrauchsfähigkeit

Aufgrund der wachsenden Betriebsstrukturen sind ruhige und robuste Tiere, die einfaches Handling aufweisen, gefragt. Für das Merkmal Gebrauchsfähigkeit gibt es keine klare Definition. Bei der Notenvergabe für dieses komplexe Merkmal fließen der Arbeitszeitaufwand, den eine Sau während der Zeit im Abferkelabteil verursacht hat, sowie die Tiergesundheit, Fressverhalten und Milchleistung mit ein (Hellbrügge und Henne, 2010). Der Arbeitszeitaufwand pro Tier wird in der heutigen Schweinehaltung zunehmend wichtig und ist, neben den Kosten für Futter und Gebäude, ein entscheidender Faktor bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit (Haxsen, 2006). Durch den Einsatz von Fremd-Arbeitskräften und damit verbundenen Lohnkosten ist der Zeitaufwand pro Sau vor allem in größeren Betrieben von entscheidender Bedeutung. Aufgrund der genetischen Korrelationen kann man darauf schließen, dass eine Sau mit einem guten Geburtsverhalten, Aufzuchtleistung und Gesäugequalität in den meisten Fällen keinen erhöhten Arbeitsaufwand verursacht.

Gesäugequalität

Um homogene und gut entwickelte Ferkel ins Flatdeck umstellen zu können, ist die Milchleistung und damit ein gesundes Gesäuge, sowie die Anzahl und Qualität der Zitzen entscheidend (Nielsen et al., 2001).

Engblom et al. (2007) berichten in ihrer Studie, dass Probleme mit dem Gesäuge, wie z.B. eine unzureichende Milchleistung, Mastitis oder Abszesse, die zweit häufigste unfreiwillige Abgangsursache von Sauen in Schweden sind. Für das Merkmal Gesäugequalität wurde eine Erblichkeit von $h^2 = 0.19$ geschätzt. Somit besteht die Möglichkeit gezielt auf eine gute Gesäugequalität zu züchten. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine gute Gesäugequalität mit einer guten Aufzuchtleistung und einer guten Bewertung der Gebrauchsfähigkeit verbunden ist. Zudem könnte dadurch die Langlebigkeit der Sauen verbessert werden, was positive Effekte auf das Tierwohl und die Ökonomie der Betriebe haben könnte.

Indirekte Merkmalerfassung für Mütterlichkeit

Die Erfassung von Merkmalen, die indirekt mit mütterlichen Verhalten bzw. Mütterlichkeit in Verbindung stehen, ist eine gute Möglichkeit, um große Datenmengen auf Praxisbetrieben mit geringem Zeitaufwand und damit verbundenen Kosten zu erfassen. Eine Schulung des Personals auf den Betrieben bzw. eine detaillierte und gut verständliche Beschreibung der Bonitur der Merkmale ist notwendig.

Die Erfassung der Beurteilungen erfolgt für die Merkmale „Geburtsverhalten“, „Aufzuchtleistung“, „Gebrauchsfähigkeit“ und „Gesäugequalität“ durch die auf den Betrieben eingesetzte Managementsoftware db-Planer (BHZP, 2012). Die auf den Betrieben erfassten Daten werden an das Zuchtunternehmen weitergeleitet und dort mit der Zuchtdatenbank verknüpft. Die Daten können als direkte oder indirekte Merkmale für die Zuchtarbeit verwendet werden.

Die Merkmale für Mütterlichkeit können den Landwirten auch als Managementhilfe dienen, in dem der Landwirt auf die potentielle Aufzuchtleistung o.ä. im Folgewurf schließen kann, zudem kann der Landwirt diese Merkmale für die Selektion der Altsauen nutzen. Viele der BHZP-Zuchtbetriebe nutzen diese Möglichkeit bereits aktiv und es wurden Filter und Masken geschaffen, mit welchen die Parameter der Muttereigenschaften in Masken eingegeben und auf z.B. Sauenkarten ausgegeben werden können. Der Erfolg hinsichtlich der hohen Anwendung dieser Parameter ist zum einen sicherlich auf die Umsetzung in einer Standard-Sauenmanagementsoftware (db-Planer) zurückzuführen. Darüber hinaus ist die Notenskala (3-Punkt-Skala) grob gestaltet, somit ergibt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit bei unterschiedlichen Beurteilern die gleiche Note für ein Merkmal einer Sau.

Bezüglich einer 3-Punkt-Skala geben Brandt und Henne (2012) zu bedenken, dass die Gefahr besteht, dass die Beurteiler bei Unsicherheit oder aufgrund von mangelnden Interesses vermehrt die mittlere Note „2“ vergeben, so dass es zu einer Verfälschung der Ergebnisse kommen kann. Es wird daher die Verwendung einer 4-Punkt-Skala empfohlen (Brandt und Henne, 2012). Von der Gefahr, dass u.a. aufgrund von Unsicherheit vermehrt die mittlere Note vergeben wird, berichten auch Hellbrügge (2007) und van Steenbergen (1990). Deshalb gilt es kritisch zu prüfen, in wieweit die Datenqualität bei einer Erhebung in der breiten Praxis bestehen bleibt.

In einer Studie von Chen et al. (2010) wurden für das komplexe Merkmal Mütterlichkeit die Parameter Saugferkelüberlebensrate und das durchschnittliche Absetzgewicht pro Ferkel herangezogen. Die Autoren konnten vier suggestive Quantitative Trait Loci (QTL's) für Mütterlichkeit identifizieren, davon war ein QTL für die Saugferkelüberlebensrate auf SSC8 und drei QTL's für durchschnittliche Absetzgewicht eines Ferkels auf SSC3, 11 und 13. Für das Merkmal Ferkelbeissen konnten sieben QTL's identifiziert werden (Chen et al., 2009).

Die Saugferkelverlustrate bei Sauen ist besonders in Dänemark in die öffentliche Diskussion geraten. Um auf eine bessere Überlebensrate der Ferkel selektieren zu können, wird der Parameter „Anzahl lebender Ferkel am fünften Lebenstag“ erfasst (Su et al., 2007). Das Merkmal scheint eine Möglichkeit, um die Anzahl der abgesetzten Ferkel zu erhöhen, da zwischen diesen Merkmalen eine sehr hohe positive Korrelation besteht (Su et al., 2007). Dennoch ist zu prüfen, inwieweit eine Amme einen Effekt auf das Merkmal „Anzahl lebender Ferkel am fünften Lebenstag“ hat. Es ist durchaus vorstellbar, dass das Umsetzen von Ferkeln an eine gesunde Sau oder eine Sau mit freien Zitzen einen entscheidenden Effekt auf die Überlebensrate der Ferkel hat. Die Ergebnisse einer Pilotstudie zeigen laut Su et al. (2007), dass die Amme nur einen geringen Effekt auf die Überlebensrate der Ferkel innerhalb der ersten fünf Lebenstage hat. Su et al. (2007) schlussfolgern, dass für die Berechnung der Zuchtwerte der Effekt des Versetzen der Ferkel ignoriert werden kann.

6.2 Agonistisches Verhalten

Das Zusammenstallen von Tieren geschieht hauptsächlich zu drei Zeitpunkten während des Produktionszyklus (Stukenborg, 2011). Zum einen als Ferkel direkt nach dem Absetzen, zum anderen beim Umstallen vom Flatdeck in die Mast und wenn tragende Sauen in die Gruppenhaltung im Wartebereich eingestallt werden.

Die Verhaltensmerkmale für agonistisches Verhalten zeigen ähnliche bzw. zum Teil höhere Erblichkeiten, wie andere derzeit in einigen Zuchtprogrammen berücksichtigte Merkmale. Eine Reduzierung der Aggressivität nach dem Zusammenstallen von unbekanntem Tieren mittels Selektion ist technisch möglich und begrüßenswert (D'Eath et al., 2009; Rodenburg und Turner, 2012), und ist sowohl für Mutterlinien, wie auch Vaterlinien interessant. Eine geringere Anzahl agonistischer Interaktionen beim Gruppieren einander unbekannter Tiere

könnte Reproduktions- und Produktionsparameter, sowie das Wohlbefinden der Tiere positiv beeinflussen (Kongsted, 2004; Løvendahl et al., 2005; D'Eath et al., 2009; Turner et al., 2010). In der Literatur kann man eine große Anzahl Tests finden, mit denen direkt bzw. indirekt das agonistische Verhalten von Schweinen beurteilt werden kann (z.B. Løvendahl et al., 2005; Hellbrügge et al., 2008b; Turner et al., 2006; Turner et al., 2009; D'Eath et al., 2009, Tönepohl, 2012).

Die Testdauer der verwendeten Tests zur Erfassung von einseitig aggressiven Verhalten und beidseitig aggressivem Verhaltens beträgt in der dieser Arbeit 30 Minuten. In einer dänischen Studie (Jensen et al., 2002, zitiert nach Løvendahl et al., 2005) wurde berichtet, dass die meisten Interaktionen direkt nach dem Zusammenstellen von unbekanntem Tieren stattfinden, und die Anzahl von agonistischen Interaktionen in den kommenden Stunden abnimmt. Die Autoren konnten beobachten, dass wenn die Beobachtungsdauer von 30 Minuten auf 120 Minuten verlängert wird, zwar eine höhere Anzahl an agonistischen Interaktionen beobachtet werden kann, dies allerdings nur einen geringen Effekt auf die Wiederholbarkeit hat. Turner et al. (2010) vertreten die Meinung, dass die Phänotypisierung für ein Merkmal wie Aggression weniger als zwei Minuten pro Tier in Anspruch nehmen sollte, um noch wirtschaftlich zu sein. Der Verhaltenstest in der vorliegenden Arbeit wurde so konzipiert, dass die agonistischen Verhaltensparameter mit wenig zusätzlichem Zeitaufwand zu erfassen sind und diese daher gut in die Arbeitsroutinen zu integrieren sind.

Die berechneten Erblichkeiten für einseitig und beidseitig aggressives Verhalten liegen auf einem niedrigen bis mittleren Niveau. Aufgrund der hohen genetischen Korrelation zwischen beiden Merkmalen kann man darauf schließen, dass den Merkmalen dasselbe Verhaltensmuster zu Grunde liegt. Bei der Verwendung dieses Verhaltenstests ist zu beachten, dass die Haltungsumwelt und das Management einen großen Effekt darauf haben, inwieweit ein Tier phänotypisch sein Potential zeigt. Dies kann zu „verfälschten“ Ergebnissen bei der Berechnung der Varianzkomponenten führen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (s. **Kapitel 4**) unterstreichen, dass es trotz übereinstimmenden Versuchsaufbaus, dem gleichen Beobachter und eng miteinander verwandten Tieren, schwierig ist die phänotypischen Ergebnisse zwischen Betrieben oder gar unterschiedlichen Studien zu vergleichen.

Auf einen Zusammenhang zwischen agonistischem Verhalten und Mütterlichkeit kann aufgrund der Ergebnisse in **Kapitel 6** nicht geschlossen werden. Weitere Untersuchungen mit höheren Tierzahlen müssten ggf. folgen. Zusätzlich könnte nach einem Verhaltenstest für agonistisches Verhalten gesucht werden, der in einem möglichst jungen Alter angewandt werden kann. Jedoch schlussfolgert Stukenborg (2011) aufgrund seiner Ergebnisse, dass man anhand des agonistischen Verhaltens eines gerade abgesetzten Ferkels nicht auf das spätere Verhalten des Tieres schließen kann. Nichtsdestotrotz ist eine Selektion auf eine reduzierte Aggressivität von Schweinen in der Gruppenhaltung mit Hilfe der getesteten Verhaltensparameter machbar und erstrebenswert.

Ein anderer Ansatz um das agonistische Verhalten eines Schweines zu erfassen ist die Bewertung der Hautläsionen, die nach dem Zusammenstallen zu beobachten sind (Turner et al., 2006; Turner et al., 2009; Brown et al., 2009; Tönepöhl, 2012). Ergebnisse von Tönepöhl (2012) und unveröffentlichte Ergebnisse dieser Arbeit zeigen jedoch, dass eine höhere Anzahl von Hautläsionen nicht mit einer erhöhten Aggressivität einhergeht. Eine Vereinfachung der Erfassung des Verhaltens durch Hautläsionen als Indikatormerkmal ist daher nicht gegeben (Tönepöhl, 2012).

Eine weitere Selektionsmöglichkeit ist die Erfassung eines „Social Breeding Values“ bezogen auf Zunahmen (SBV). Das Merkmal SBV ist erblich und beschreibt den Effekt eines Tieres auf das Wachstum seiner anderen Gruppenmitglieder. Ein hoher SBV kann somit einen positiven Effekt auf die Zunahmen haben (Canario et al., 2010; Rodenburg et al., 2010; Camerlink et al., 2011; Camerlink et al., 2012). De Vries (nicht veröffentlichte Ergebnisse, in Rodenburg et al., 2010) und Canario et al. (2010) stellten einen Einfluss von dem SBV auf die Anzahl der Hautläsionen direkt nach dem Zusammenstallen von einander unbekanntem Tieren und zu einem späteren Zeitpunkt fest. Dennoch scheint eine Selektion auf Wachstum während der Mast unter Berücksichtigung der direkten und sozialen Effekte zu keiner deutlichen Veränderung der Aggressivität zu führen und das Tierwohl wird daher nicht übermäßig beeinflusst (Camerlink et al., 2012).

Die genomische Selektion ist eine weitere Möglichkeit um auf Gruppentauglichkeit bzw. reduzierte Aggressivität zu selektieren. Es wurden Single Nucleotide Polymorphismen (SNP's) identifiziert, welche bestimmte Komponenten der hormonellen Stressachse zwischen Hypothalamus, Hypophyse und Nebennierenrinde kodieren (Vasopressin-Rezeptor 1 und Glucocorticoid-Rezeptor), die wiederum einen Einfluss auf Aggressionen

und die Plasma-Kortisol-Konzentration haben (Murani, 2010). Terenina et al. (2012) erfassten individuelle aggressive Tendenzen bei fünf Wochen alten Absatzferkeln. Neun SNP's auf vier Genen (SLC6A4, HTR2C, DRD2, AVPR1A) konnten lokalisiert werden, die signifikant mit den aggressiven Tendenzen verknüpft waren (Terenina et al., 2012)

Grundvoraussetzung für die genomische Selektion bleibt die Phänotypisierung einer ausreichend großen Referenzpopulation bzw. Lernstichprobe. Die Größe und Zusammensetzung dieser Referenzpopulation, welche sowohl phänotypisiert, wie auch genotypisiert wird, ist maßgeblich für die Genauigkeit der genomischen Zuchtwerte und den damit verbundenen höheren Zuchtfortschritt. Die genomische Selektion wird zunehmend in der Schweinezucht angewandt. Nichtsdestotrotz weisen auch die bisher ermittelten konventionellen Zuchtwerte eine hohe Genauigkeit auf und das Generationsintervall bei Schweinen ist im Vergleich zu Rindern relativ gering. Möglichkeiten der Einsparung von Kosten für Leistungsprüfung und Phänotypisierung sind trotz allem momentan kaum möglich. Die Genotypisierung verursacht, trotz sinkender Preise für die Typisierung, hohe Kosten. Diese Kosten werden künftig von Seiten der Zuchtunternehmen z.B. durch höhere Lizenzgebühren gedeckt werden.

6.3 Ausblick und Schlussfolgerung

Merkmale, die in der Zukunft mehr Gewicht erlangen werden, sind - neben den Verhaltensmerkmalen -, die Langlebigkeit der Sauen, Verhaltensanomalien wie Schwanzbeißen und Vitalitäts- bzw. Gesundheitsparameter. So ist der Medikamenteneinsatz in der Landwirtschaft ist bereits in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gelangt (ML Niedersachsen, 2011). Aus Furcht vor Zoonosen soll der Antibiotikaverbrauch in den nächsten Jahren deutlich verringert werden (Mercks et al., 2010). Aufgrund dessen sollte u.a. nach leicht umsetzbaren und kostengünstigen Möglichkeiten gesucht werden, um auf eine höhere Widerstandsfähigkeit/Robustheit bzw. Krankheitsresistenz der Tiere zu selektieren. Die Langlebigkeit von Sauen kann wiederum als Indikator für Tierwohl gesehen werden (Engblom et al., 2007; Le et al., 2014). Eine Vielzahl von Sauenabgängen ist ungeplant und findet in einer frühen Wurfnummer statt (Engblom et al., 2007). Eine Sau erreicht ihr Leistungsmaximum im dritten bis fünften Wurf und beginnt wirtschaftlich für

den Betrieb zu werden (Stadler et al., 2003). Eine hohe Verbleiberate der Sauen ist daher von ethischer wie wirtschaftlicher Wichtigkeit.

Es ist zu vermuten, dass in Zukunft die indirekte Erfassung von Verhaltensmerkmalen, aufgrund eines geringen Zeit- und Kostenaufwands, eine stärkere Bedeutung bekommt. Indirekte Merkmale sollten leicht und schnell erfassbar und daher in der breiten Praxis umsetzbar sein. Mit Hilfe von indirekten Merkmalen sollte es möglich sein, ohne großen Aufwand eine breite Datenbasis zu schaffen, welche für eine züchterische Verwendung notwendig ist. Zu beachten ist, dass eine Verwendung der Daten für die Zucht nur sinnvoll ist, wenn eine entsprechende Datenqualität und -quantität vorliegt. Anhand genetischen Korrelationen zwischen Verhaltenstests und indirekten Parametern gilt es zu überprüfen in wie weit ein indirektes Merkmal geeignet ist ein Verhaltensmerkmal zu charakterisieren.

Verhaltenstests und direkte Verhaltensbeobachtungen sind und bleiben von großer Bedeutung. Die Basiszuchtbetriebe der Zuchtunternehmen werden zunehmend den Charakter von Prüfbetrieben (Hellbrügge und Henne, 2010) bekommen, in denen u.a. die Untersuchung und exakte Erfassung neuer und z.T. zeitaufwendiger Merkmale stattfindet. Schlussfolgernd ist zu sagen, dass sich Verhaltensparameter beim Schwein von einem korrelierten Selektionskriterium z.B. zur Reduzierung von Saugferkelverlusten hin zu direkten Selektionsmerkmalen entwickelt haben und bereits eine größere Gewichtung im Zuchtziel bekommen haben. Nichtsdestotrotz werden Verhaltensmerkmale in der Zukunft weiter an Gewicht bei der Zuchtarbeit gewinnen.

6.4 Literaturverzeichnis

- Algers, B., Rojanasthien, S., Uvnäs-Moberg, K., 1990. The relationship between teat stimulation, oxytocin release and grunting rate in the sow during nursing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26, 267-276.
- Andersen, I. L., Berg, S., Bøe, K. E., 2005. Crushing of piglets by the mother sow (*sus scrofa*) – purely accidental or a poor mother? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 229-243.
- Andersen I. L., Nævdal E., Bøe K. E., 2011. Maternal investment, sibling competition, and offspring survival with increasing litter size and parity in pigs (*Sus scrofa*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 1159–1167.

- Arango, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Culbertson, M., Holl, J. W., Herring, W., 2006. Genetic study of individual preweaning mortality and birth weight in Large White piglets using thresholdlinear models. *Livest. Sci.* 101, 208–218.
- Bäurle, H., Schnippe, F., 2012. Ferkelzahlen: Wo stehen wir 2015? *SUS* 5/2012, 14-16.
- BHZP GmbH, 2012. db-Planer. Dahlenburg-Ellringen, Germany
- Blaha, T., Hoy, S., Schulte-Wülwer, J., Stalljohann, G., Brede, W., Sieverding, E., 2010. *Tiergesundheit Schwein*, DLG-Verlag, Frankfurt/M., Deutschland
- Brandt, H., Henne, H., 2012. Development of new selection strategies to decrease piglet mortality. Session 36. *EAAP 2012*, Bratislava, Slowakei
- Brown, J. A., Dewey, C., Delange, C. F. M., Mandell, I. B., Purslow, P. P., Robinson, J. A., Squires, E. L., Widowski, T. M., 2009. Reliability of temperament tests on finishing pigs in group-housing and comparison to social tests. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118, 28–35.
- Camerlink, I., Bijma, P., Kemp, B., Bolhuis, J. E., 2011. Improving pig welfare and production simultaneously by breeding for social effects, Session 3, *EAAP 2011*, Stavanger, Norwegen.
- Camerlink, I., Bijma, P., Kemp, B., Bolhuis, J. E., 2012. Relationship between growth rate and oral manipulation, social nosing, and aggression in finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 142, 11-17.
- Canario, L., Bergsma, R., D'Eath, R. B., Lawrence, A. B., Roehe, R., Lundeheim, N., Rydhmer, L., Knol, E., Turner, S. P., 2010. Genetic associations of group effects for growth, estimated using a cooperation model, with post-mixing agonistic behaviours, skin lesions and activity in pigs In: Kirkwood, J., Hubrecht, R., Wickens, S. (Hrsg.), *UFAW International Symposium 'Darwinian selection, selective breeding and the welfare of animals'*. 23-25 Juni 2009, Bristol, UK
- Chen, C., Guo, Y., Yang, G., Yang, Z., Zhang, Z., Yang, B., Yan, X., Perez-Enciso, M., Ma, J., Duan, Y., Brenig, B., Huang, L. 2009. A genome wide detection of quantitative trait loci on pig maternal infanticide behavior in a large scale White Duroc x Erhualian resource population. *Behavior Genetics* 39, 213–219.
- Chen, C. Y., Guo, Y. M., Zhang, Z. Y., Ren, J., Huang, L. S., 2010. A whole genome scan to detect quantitative trait loci for gestation length and sow maternal ability related traits in a White Duroc x Erhualian F2 resource population. *Animal* 4, 861-866.

- D'Eath, R. B., Roehe, R., Turner, S. P., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lundeheim, N., Rydhmer, L., Lawrence, A. B., 2009. Genetics of animal temperament: aggressive behaviour at mixing is genetically associated with the response to handling in pigs. *Animal* 3, 1544–1554.
- Edwards, S. A., Smith, W. J., Fordyce, C., MacMenemy, F., 1994. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outdoors. *Vet. Rec.* 135, 324-327.
- Engblom, L., Lundeheim, N., Dalin, A.-M., Andersson, K., 2007. Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Science* 106, 76–86.
- Grandinson, K., 2003. Genetic aspects of maternal ability in sows. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Schweden.
- Haxsen, G., 2006. Betriebswirtschaft, Wirtschaftlichkeit, Vermarktung. In: Brade, W.; Flachowsky (Hrsg.), *Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis, Sonderheft 296, Landbauforschung Völkenrode – FAL Agricultural Research, Braunschweig, Deutschland*, 213-237.
- Hellbrügge, B., 2007. Genetic aspects of piglet losses and maternal behaviour of sows. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland
- Hellbrügge, B., Tölle, K. H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008a. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 1. Genetic analysis of piglet mortality and fertility traits in pigs. *Animal* 2 (9), 1273-1280.
- Hellbrügge, B., Tölle, K.-H., Bennewitz, J., Henze, C., Presuhn, U., Krieter, J., 2008b. Genetic aspects regarding piglet losses and the maternal behaviour of sows. Part 2. Genetic relationship between maternal behaviour in sows and piglet mortality. *Animal* 2 (9), 1281–1288.
- Hellbrügge, B., Henne, H., 2010. Integration von Verhaltensmerkmalen in Schweinezuchtprogramme. 8. Schweine-Workshop, Tagungsband, S. 52-63, Uelzen, Deutschland.
- Hofer, M.A., 1996. On the nature and consequences of early loss. *Psychosom. Med.* 58, 570-581.
- Ibanez-Escriche, N., Varona, L., Casellas, J., Quintanilla, R., Noguera, J. L., 2009. Bayesian threshold analysis of direct and maternal genetic parameters for piglet mortality at farrowing in Large White, Landrace, and Pietrain populations. *J. Anim. Sci.* 87, 80–87.

- Jensen, K. H., Nielsen, B. L., Olsen, A. N. W., 2002. Results of experiments on development of test for identification of social traits in sows, with a view to predict risk of high aggression level in a group. DIAS internal report 155. [In Dänisch: Afrapportering vedr. projekt HUS97-14. Resultater fra forsøg vedr. udvikling af test til identifikation af sociale egenskaber hos søer, der indebærer forøget risiko for højt aggressionsniveau i en gruppe DJF intern rapport 155, 32].
- Knol, E. F., Ducro, B. J., Van Arendonk, J. A. M., Van der Lende, T., 2002. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival. *Livest. Prod. Sci.* 73, 153-164.
- Kongsted, A. G., 2004. Stress and fear as possible mediators of reproduction problems in group housed sows: A review. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 54, 58-66.
- Le, H. T., Nilsson, K., Norberg, E., Lundeheim, N., 2014. Genetic association between leg conformation in young pigs and longevity of Yorkshire sows. 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, Kanada.
- Løvendahl, P., Damgaard, L. H., Nielsen, B. L., Thodberg, K., Su, G., Rydhmer, L., 2005. Aggressive behaviour of sows at mixing and maternal behaviour are heritable and genetically correlated traits. *Livest. Prod. Sci.* 93, 73-85.
- Maßfeller, M., Hilgers, J., 2010. Trinkgelage für Saugferkel. *dlz Primus Schwein Mai 2010*, 18-21.
- Mercks, J. W. M., Mathur, P. K., Knol, E. F., 2010. New phenotypes for new breeding goals in pigs. 61th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Session 2, Abstract 7958, Kreta, Griechenland.
- Murani, E., Ponsuksili, S., D'Eath, R. B., Turner, S. P., Kurt, E., Evans, G., Tholking, L., Klont, R., Foury, A., Mormede, P., Wimmers, K., 2010. Association of HPA axis-related genetic variation with stress reactivity and aggressive behaviour in pigs. *BMC Genomics* 11, 572.
- Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (ML Niedersachsen), 2011. Bericht über den Antibiotikaeinsatz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in Niedersachsen. Hannover, Deutschland.

- Nielsen, O. L., Pedersen, A. R., Sørensen, M. T., 2001. Relationships between piglet growth rate and mammary gland size of the sow. *Livestock Production Science* 67, 273–279.
- Plonait, H., 2004. Mastitis-Metritis-Agalaktie (MMA-Syndrom). In: Waldmann, K.-H., Wendt, M. (Hrsg.). *Lehrbuch für Schweinekrankheiten*. S. 493-501, Paul Parey Verlag, Stuttgart, Deutschland.
- Rodenburg, T. B., Bijma, P., Ellen, E. D., Bergsma, R., de Vries, S., Bolhuis, J. E., Kemp, B., van Arendonk, J. A. M., 2010. Breeding amiable animals? Improving farm animal welfare by including social effects in breeding programmes. *Anim. Welf.* 19 (Suppl. 1), 77–82.
- Rodenburg, T. B.; Turner, S. P., 2012. The role of breeding and genetics in the welfare of farm animals. *Anim. Front.* 2(3), 16–21.
- Roehe, R. 1999. Genetic determination of individual birth weight and its association to sow productivity traits using Bayesian analyses. *J. Anim. Sci.* 77, 330–343.
- Roehe, R., Shrestha, N. P., Mekkawy, W., Baxter, E. M., Knap, P. W., Smurthwaite, K. M., Jarvis, S. Lawrence, A. B., Edwards, S. A., 2009. Genetic analyses of piglet survival and individual birth weight on first generation data of a selection experiment for piglet survival under outdoor conditions. *Livest. Sci.* 121, 173–181.
- Roehe, R., Shrestha, N. P., Mekkawy, W., Baxter, E. M., Knap, P. W., Smurthwaite, K. M., Jarvis, S., Lawrence, A. B., Edwards, S. A., 2010. Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a twogeneration crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to disentangle direct and maternal effects. *J. Anim. Sci.* 88, 1276-1285.
- Spinka, M., Illmann, G., de Jonge, F., Andersson, M., Schuurman, T., Jensen, P., 2000. Dimensions of maternal behaviour characteristics in domestic and wild x domestic crossbred sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 99– 114.
- Stadler, K. J., Lacy, C., Cross, T. L., Conatser, G. E., 2003. Financial impact of average parity of culled females in a breed-to-wean swine operation using replacement gilt net present value analysis. *J. Swine Health Prod.* 11, 69-74.
- Stukenborg, A., 2011. Investigations on agonistic behaviour in pigs kept under commercial farm conditions. Dissertation. Christian-Albrechts-University, Kiel, Deutschland.

- Su, G., Lund, M. S., Sorensen, D., 2007. Selection for litter size at day five to improve litter size at weaning and piglet survival rate. *J. Anim. Sci.* 85, 1385-1392.
- Su, G., Sorensen, D., Lund, M.S., 2008. Variance and covariance components for liability of piglet survival during different periods. *Animal* 2,184–189.
- Terenina, E., Bazovkina, D., Rousseau, S., Salin, F., D'Eath, R., Turner, S., Kulikov, A., Mormede, P., 2012. Gene polymorphisms associated with aggression in pigs. *Journées de la Recherche Porcine en France* 44, 45-46.
- Tönepöhl, B., 2012. Untersuchungen zur Erfassung und Genetik von Verhaltensmerkmalen beim Schwein unter Praxisbedingungen. Dissertation. Georg-August-Universität, Göttingen, Deutschland.
- Turner, S. P., White, I. M. S., Brotherstone, S., Farnworth, M. J., Knap, P. W., Penny, P., Mendl, M., Lawrence, A. B., 2006. Heritability of post-mixing aggressiveness in grower-stage pigs and its relationship with production traits. *Anim. Sci.* 82, 615–620.
- Turner, S. P., D'Eath, R. B., Roehe, R., Lawrence, A. B., 2010. Selection against aggressiveness in pigs at re-grouping: practical application and implications for long-term behavioural patterns. *Anim. Welf.* 19 (S), 123-132.
- Turner, S. P., Roehe, R., D'Eath, R. B., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., Lundeheim, N., Rydhmer, L., Lawrence, A. B., 2009. Genetic validation of post-mixing skin injuries in pigs as an indicator of aggressiveness and the relationship with injuries under more stable social conditions. *J. Anim. Sci.* 87, 3076–3082.
- Valros, A., 2003. Behaviour and physiology of lactating sows – associations with piglet performance and sow postweaning reproductive success. Dissertation. University of Helsinki, Finland
- van Steenbergen, E. J., 1990. Relevance of exterior appraisal in pig breeding. Dissertation, Wageningen Agricultural University, Niederlande
- van Arendonk, J. A. M., van Rosmeulen, C., Janss, L. L. G, Knol, E. F., 1996. Estimation of direct and maternal genetic (co)variances for survival within litters of piglets. *Livest. Prod. Sci.* 46, 163–171.
- Weary, D. M., Pajor, E. A., Fraser, D., Honkanen, A. M., 1996. Sow body movements that crush piglets: a comparison between two types of farrowing accommodation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49, 149-158.

Weber, R., Rzezniczek, M., Gygax, L., Wechsler, B., 2015. Technische Ferkelammen im Test: Auswirkungen auf das Verhalten der Tiere, Arbeitswirtschaft sowie Wirtschaftlichkeit von technischen Ferkelammen. Agroscope Transfer 75, 1-12.

DANKSAGUNG

Die Arbeit ist geschafft und viele ereignisreiche Jahre, in denen ich ständig neue Erfahrungen sammeln durfte, liegen hinter mir. An dieser Stelle möchte ich mich daher bei all denen bedanken, die mir die Erstellung meiner Dissertation ermöglicht und zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Prof. Dr. Dr. Matthias Gauly danke ich für die Überlassung des Themas, die hilfreichen Verbesserungsvorschläge und die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Weiterhin möchte ich mich für die Möglichkeiten bedanken, meine Forschungsergebnisse im In- und Ausland präsentieren zu können.

Mein Dank gilt ebenso Prof. Dr. Horst Brandt für die Übernahme des Zweitgutachtens meiner Arbeit. Ohne ihn wäre diese Dissertation nicht entstanden, denn er hat mich erst auf die Stellenausschreibung zu diesem Projekt aufmerksam gemacht. Prof. Dr. Martina Gerken möchte ich für ihre Funktion als Drittgutachterin danken.

Die finanzielle Unterstützung erfolgte dankenswerter Weise durch die Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft (BLE) im Rahmen des Projektes „Untersuchungen zu den Möglichkeiten der Integration von Verhaltensmerkmalen in Zuchtprogramme beim Schwein“ (PGI-06.01-28-1-35.026-08).

Ein riesiges Dankeschön gilt Frau Dr. Barbara Voß für die tolle Unterstützung vor allem bei der statistischen Auswertung der Daten, für ihre kritischen Anmerkungen und ihre Bereitschaft nahezu rund um die Uhr meine Texte Korrektur zulesen.

Ein weiteres riesiges Dankeschön gilt Prof. Dr. Uta König von Borstel für ihre grenzenlose Geduld und immerwährende Hilfestellung vor allem in Hinblick auf die Veröffentlichungen. Desweiteren danke ich ihr und meinem Projektpartner Dr. Björn Tönepöhl für die stets produktive Zusammenarbeit. Ihr wart beide meine „Nabelschnur“ nach Göttingen und habt mich immer mit allen wichtigen Informationen zum Unileben versorgt. Danke!

Den Mitarbeitern der BHZP-Basiszuchtbetriebe danke ich für die Hilfe bei der Datenaufnahme und nette Aufnahme ins Team. Ich habe viel bei euch gelernt. Ohne eure Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Zudem danke ich allen

Mitarbeitern der BHZP GmbH für das gute Arbeitsklima, aufgrund dessen ich jeden Tag gerne nach Ellringen gefahren bin.

Für die Unterstützung bei der sprachlichen Korrektur dieser Dissertation möchte ich allen Beteiligten in Deutschland und Irland danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt all den Anderen, die mir in allen Phasen meiner Promotion mit jeder möglichen Unterstützung zur Seite standen, mich motivierten und mir jederzeit durch Ratschläge, konstruktive Gespräche und das Beschaffen von Fachliteratur weiterhalfen, aber auch für die notwendige Ablenkung sorgten.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern und meiner Familie für ihren uneingeschränkten Glauben an mich, die Unterstützung in allen Lebenslagen und den Rückhalt den sie mir gegeben haben. Hervorheben möchte ich meine Schwester Franziska, die mir immer in Sachen Korrekturlesen und Rechtschreibung zur Seite stand. Dennis danke ich für seine starken Nerven, sein Verständnis und seine stetige Motivation. Und auch Justus bin ich dankbar, der zwar von alledem nichts versteht, aber immer treu neben mir am Scheibisch saß.

CURRICULUM VITAE

Anne Kathrin Appel, geboren am 30.11.1982 in Kassel, deutsch, ledig.

Schulausbildung

1993 – 2002 Goetheschule Kassel
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Studium und berufliche Qualifikation

2002 – 2004 Studium der Veterinärmedizin
Szent István University, Budapest/Ungarn

2004 – 2006 Studium der Veterinärmedizin
Justus-Liebig-Universität, Gießen

2006 – 2008 Studium der Agrarwissenschaften und Umweltmanagement
Thema der Bachelorarbeit: Gendefekte und Anomalien beim Schwein
Justus-Liebig-Universität, Gießen

2008 – 2009 Studium der Nutztierwissenschaften
Thema der Masterarbeit: Schätzung von Einflussfaktoren und genetischen
Parametern der Daten aus der Stationsprüfung für Schweine in Hessen
Justus-Liebig-Universität, Gießen

2009 – 2010 DLG Management-Traineeprogramm für Nachwuchsführungskräfte
Kurs 2009/2010

2010 – 2012 Promotionsstudiengang für Agrarwissenschaften
Georg-August-Universität, Göttingen

Berufstätigkeit

2010 – 2012 Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Georg-August Universität
Göttingen in der Abteilung Produktionssysteme der Nutztiere des
Departments für Nutztierwissenschaften
Dienstort: BHZP GmbH, Dahlenburg-Ellringen

2013 – *dato* BHZP GmbH, Dahlenburg-Ellringen

ERKLÄRUNGEN

1. Hiermit erkläre ich, dass diese Arbeit weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits anderen Prüfungsbehörden vorgelegen hat. Weiter erkläre ich, dass ich mich an keiner anderen Hochschule um einen Doktorgrad beworben habe.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)

2. Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass diese Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)