

Physiologische und ethologische Reaktionen von Zuchtsauen auf die Fixierung im peripartalen Zeitraum

Physiological and ethological response of sows to confinement during the peripartal period

FLORIAN MAYER, PETRA ZÖCHBAUER, BIRGIT HEIDINGER, ANKE GUTMANN,
CHRISTOPH WINCKLER, CHRISTINE LEEB

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit physiologischen und ethologischen Reaktionen von Zuchtsauen auf die Fixierung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im peripartalen Zeitraum. Dazu wurden in je einem von vier Durchgängen zu je 15 bzw. 16 Sauen, die auf vier verschiedene Buchtentypen aufgeteilt wurden, drei verschiedene Fixierungszeitpunkte (Varianten) gewählt: Keine Fixierung, Fixierung einen Tag vor dem errechneten Geburtstermin (zwei Durchgänge) und Fixierung nach der vollendeten Geburt. Die Herzaktivität wurde im Zeitraum 36–12 Std vor der Geburt sowie nach der Geburt erfasst. Die Erhebung der Grundaktivität erfolgte im Zeitraum 36–0 Std vor der Geburt mittels Scan-sampling im 5-min-Intervall; das Nestbauverhalten wurde während 12 Std vor der Geburt erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte mittels linearer gemischter Modelle. Über alle Sauen hinweg stieg mit nahender Geburt (Zeitraum 36–24 Std vor der Geburt vs. Zeitraum 24–12 Std vor der Geburt) die Herzfrequenz an ($p = 0,005$), während RMSSD zurückging ($p = 0,027$). Präpartal fixierte Sauen reagierten mit einem Anstieg des Low-frequency-Anteils und einem Abfall des High-frequency-Anteils, was auf eine Verschiebung der sympathovagalen Balance hin zu höherer sympathischer Aktivität hinweist. Die Grundaktivität fixierter und nicht fixierter Sauen unterschied sich nicht signifikant im präpartalen Zeitraum. Allerdings zeigten fixierte Sauen weniger auf Stroherichtetes Nestbauverhalten als nicht fixierte Sauen. Nach der Geburt lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen hinsichtlich der Grundaktivität und physiologischer Parameter vor. Sauen, die im präpartalen Zeitraum nicht fixiert wurden, wiesen eine höhere parasympathische Aktivität auf, was von mehr Nestbauverhalten an geeignetem Material begleitet wurde; eine Fixierung nach Abschluss der Geburt führte dagegen postpartal zu keiner Veränderung der untersuchten Parameter.

Summary

In order to evaluate the impact of temporary crating on animal welfare, heart rate variability (HRV) and behaviour of in total 63 sows housed in four different farrowing systems were measured. For this purpose, three different treatments were applied, which differ in the time point of crating: no crating, crating one day before expected parturition and crating after completion of parturition. Each treatment was applied to one of in total four batches of 16 sows each. Cardiac activity was assessed during the time period 36 to 12 hours before farrowing as well as for 12 hours after farrowing. Concurrently, behaviour was scored from video recordings using scan sampling (5 min interval). Nestbuilding behaviour was recorded during the 12 hours preceding farrowing. Linear mixed models were used for statistical analysis. Irrespective of treatment, the mean heart rate of all sows increased from the period 36–24 h a.p. to the period 24–12 h a.p. ($p = 0.005$) and RMSSD decreased ($p = 0.027$). However, in crated sows LF and the LF/HF ratio concurrently increased, while HF decreased, indicating a higher sympathetic activation. Prepartal basic behaviours did not differ between treatments. However, non-crated sows showed more nestbuilding behaviour directed towards straw as opposed to pen equipment than crated sows ($p = 0.002$). After farrowing, both behaviour and heart rate variability did not differ between crated and non-crated sows. In conclusion, sows which were not crated during the prepartal period showed a higher parasympathetic activity, which was accompanied by higher proportions of nestbuilding behaviour directed at supposedly adequate material. On the contrary, crating after completion of farrowing did not affect the parameters under investigation.

reaktio-
riparta-
Sauen,
erungs-
errech-
Geburt.
Geburt
Geburt
12 Std
nischter
vor der
), wäh-
em An-
was auf
ktivität
nicht si-
if Stroh
ine sig-
Grund-
m nicht
hr Nest-
schluss
rameter.

1 Einleitung

Zuchtsauen werden in Europa mit Ausnahme der biologischen Tierhaltung sowie von Schweden, Norwegen und der Schweiz im Zeitraum von etwa einer Woche vor der zu erwartenden Geburt bis zum Absetzen der Ferkel in Kastenständen gehalten (Jensen et al. 1997). Liegebereich und Kotplatz können aufgrund der Fixierung nicht frei gewählt werden (Arey et al. 1991) und die Bewegungsfreiheit der Sauen ist im vorgeburtlichen Zeitraum erheblich eingeschränkt, was in weiterer Folge auch das Nestbauverhalten behindern kann (Oliviero et al. 2008).

Im Rahmen der Diskussion um Verbesserungen der Haltung von Zuchtsauen in Abferkelbuchten werden neben Systemen mit vollständig frei beweglicher Sau auch Verfahren mit zeitweiser Fixierung der Muttersauen im peripartalen Zeitraum (vier bis sieben Tage) thematisiert (Moustsen et al. 2013). Dauer und Zeitpunkt der Fixierung sind dabei umstritten und neben Aspekten der Ferkelsterblichkeit sind für eine Beurteilung solcher Systeme auch die Auswirkungen auf die Sauen von Interesse.

Im Hinblick auf die Möglichkeit, Sauen in „freien“ Abferkelbuchten temporär zu fixieren, befasst sich die vorliegende Arbeit daher mit physiologischen und ethologischen Reaktionen von Zuchtsauen auf den Zeitpunkt der Fixierung. Dabei sollen anhand der Herzfrequenzvariabilität und des Verhaltens (Grundaktivität, Nestbau) die Auswirkungen der Fixierung zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (einen Tag vor der Geburt und nach abgeschlossener Geburt) analysiert werden.

2 Tiere, Material und Methoden

2.1 Tiere und Haltung

Die Untersuchung fand in einem Ferkelerzeugungsbetrieb mit insgesamt 600 Zuchtsauen statt. Eine Woche vor dem errechneten Abferkeltermin wurden in vier Durchgängen Gruppen von 16 Sauen (davon je vier Jungsauen) in vier verschiedene einstreulose Buchtenysteme mit aufklappbarem Kastenstand und 5,5 bis 6 m² Grundfläche eingestellt. Ab einem Tag vor dem errechneten Abferkeltermin stand den Sauen ca. 1,0 kg Stroh auf dem Buchtenboden zur Verfügung.

2.2 Versuchsaufbau

Folgende Fixierungsvarianten wurden in je einem bzw. zwei Durchgängen eingesetzt:

- keine Fixierung
- Fixierung nach Abschluss der Geburt
- Fixierung einen Tag vor dem errechneten Geburtstermin (zwei Durchgänge)

2.3

Die D
alle F
der G
Dazu
dem
der E
mind
trolli

Fi
eine
Vorh
wiese
nung
sein
HRV

2.4

Für c
(je B
Posit
erfas
Ferk
Fens
E
nuie
jewe
gege

2.5

Aufg
ten v
vorg
rung
I
wiec
Resi
Aus

2.3 Herzfrequenzvariabilität

Die Daten für die Herzfrequenzvariabilität (HRV) wurden mittels Polar® RS800CX für alle Fixierungsvarianten im Zeitraum 36–12 Std a. p. und zusätzlich bei nicht und nach der Geburt fixierten Tieren für 12 Std nach der Geburt erhoben (Beginn ca. 2 Std p. p.). Dazu wurden die Tiere an der linken Körperseite geschoren und die Elektroden hinter dem Schulterblatt bzw. zwischen den Vorderbeinen am Sternum angelegt. Zum Schutz der Elektrodengurte wurden Übergurte aus Neopren angebracht. Die Pulsuhren wurden mindestens zweimal pro Tag ausgelesen und gegebenenfalls der Sitz der Elektroden kontrolliert.

Für die Ermittlung der HRV-Parameter wurden 5-min-Abschnitte herangezogen und eine im Messgerät integrierte Fehlerkorrektur (maximale Fehlerrate 5 %) durchgeführt. Vorher wurden die Daten visuell begutachtet und Abschnitte, die multiple Artefakte aufwiesen, ausgeschlossen. Es wurden ausschließlich Daten von Liegephasen für die Berechnung der HRV-Parameter verwendet. Die Liegephasen mussten mindestens 30 min lang sein und die ersten und letzten 5 min wurden immer verworfen. Die Berechnung der HRV-Parameter erfolgte mittels Kubios HRV.

2.4 Grundaktivitäten und Nestbaurverhalten

Für die Auswertung des Verhaltens wurden digitale Videoaufzeichnungen herangezogen (je Bucht eine Kamera). Die Grundaktivitäten Liegen, Stehen/Gehen und Sitzen sowie Positionswechsel wurden mittels Focal Scan Samling mit einem Intervall von 5 min erfasst. Der Auswertungszeitraum erstreckte sich von 36 Std a. p. bis zur Geburt des ersten Ferkels; zusätzlich wurde bei nicht und nach der Geburt fixierten Tieren ein 12-Std-Fenster nach abgeschlossener Geburt erfasst.

Das Nestbaurverhalten (Wühlen, Scharren, Kauen) wurde über intermittierende kontinuierliche Verhaltenszählung im Zeitraum 12 Std a. p. bis zur Geburt des ersten Ferkels jeweils für die erste Minute des 5-min-Intervalls erhoben. Zusätzlich wurde erfasst, ob es gegen Stroh oder die Buchteneinrichtung gerichtet war.

2.5 Statistische Auswertung

Aufgrund von erheblichen Ausfällen bei der Erfassung der Herzaktivität wurden die Daten von Jungsaunen grundsätzlich ausgeschlossen. Für die Auswertung der Daten aus dem vorgeburtlichen Zeitraum wurden die beiden Varianten ohne Fixierung bzw. mit Fixierung nach Abschluss der Geburt zusammengefasst.

Die statistische Analyse erfolgte mit linearen gemischte Effekte Modellen mit Messwiederholung; als Kovarianztyp diente eine autoregressive Struktur erster Ordnung. Die Residuen wurden mittels Q-Q-Diagramm geprüft und bei Nichtnormalverteilung die Ausgangsdaten logarithmiert.

3 Ergebnisse

3.1 Herzfrequenzvariabilität vor der Geburt

Mit nahender Geburt (36–24 Std vs. 24–12 Std a. p.) stieg die Herzfrequenz der Sauen an und es lag eine statistische Tendenz für einen niedrigeren RMSSD-Wert vor (Tab. 1). Zusätzlich wiesen – unabhängig vom Zeitraum – die nicht fixierten Sauen (Variante 0) eine höhere Herzfrequenz auf als Sauen, die 24 Std vor der Geburt fixiert wurden (Variante 1). Es bestanden keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Zeitraum und Variante für die Parameter der Zeit-Domäne.

Signifikante Wechselwirkungen bestanden jedoch für die Parameter der Frequenz-Domäne. Während HF [nu] bei nicht fixierten Sauen im geburtsnäheren Zeitraum anstieg (0/0 vs. 0/1; Tab. 1), fiel dieser Wert, wenn die Sauen fixiert wurden (1/0 vs. 1/1). Gleichzeitig stieg LF [nu] der fixierten Sauen an und ging bei nicht fixierten Sauen zurück. Das Verhältnis von LF und HF fiel entsprechend bei nicht fixierten Sauen, während es bei fixierten Sauen nach der Fixierung anstieg.

Tab. 1: Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HR = Herzfrequenz, HF = High Frequency, LF = Low Frequency) im präpartalen Zeitraum in Abhängigkeit von Zeitraum (0 = 36–24 Std, 1 = 24–12 Std a. p.) und Fixierungsvariante (0 = nie fixiert, n = 13; 1 = Fixierung 24 Std vor Geburt, n = 8)

Tab. 1: Prepartal heart rate variability (HR = heart rate, HF = high frequency, LF = low frequency) as a function of period (0 = 36–24 h, 1 = 24–12 h a. p.) and treatment (0 = never crated, n = 13; 1 = crating 24 h before farrowing, n = 8)

HRV-Parameter ¹⁾ HRV parameter ¹⁾	Zeitraum Period			Fixierungsvariante Treatment			Zeitraum · Fixierungsvariante Period · treatment				
	0	1	P	0	1	P	0/0	0/1	1/0	1/1	P
HR (1/min)	101	105	0,005	107	100	0,003	104	97	110	101	0,517
RMSSD	10,3	8,4	0,067	9,8	8,9	0,493	11,0	9,5	8,5	8,3	0,500
HF (nu)	34,7	31,8	0,307	33,1	33,3	0,960	30,9	38,4	35,3	28,2	0,013
LF (nu)	65,3	68,2	0,303	66,8	66,6	0,965	68,9	61,5	64,7	71,7	0,014
LF/HF	3,1	3,5	0,644	3,2	3,5	0,729	3,5	2,8	2,9	4,2	0,029

¹⁾ Logarithmisch transformiert; Schätzwerte auf Basis untransformierter Daten.

¹⁾ Log-transformed; estimated means based on non-transformed data.

3.2 H

Es lage
nach A

Tab. 2: Pa
Frequenz
1 = Fixie
Tab. 2: Pc
as a func

HRV-Par HRV par
HR (1/mi
RMSSD
HF (nu)
LF (nu)
LF/HF

¹⁾ Logarith
¹⁾ Log-trai

3.3 Ve

Zwische
fixierten
Anzahl a
ten vor.
hin häuf
Geburt h

Tab. 3: Gru
1 = 24–12
vor Geburt
Tab. 3: Tim
(0 = never

Parameter Parameter
Stehen % Standing %
Sitzen % Sitting %
Liegen % Lying %
Positionsw Change of

3.2 Herzfrequenzvariabilität im frühen postpartalen Zeitraum

Es lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen durchgehend nicht fixierten und nach Abschluss der Geburt fixierten Sauen vor (Tab. 2).

Tab. 2: Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HR = Herzfrequenz, HF = High Frequency, LF = Low Frequency) im postpartalen Zeitraum in Abhängigkeit von der Fixierungsvariante (0 = nie fixiert, n = 5; 1 = Fixierung 24 Std vor Geburt, n = 11)

Tab. 2: Postpartal heart rate variability (HR = heart rate, HF = high frequency, LF = low frequency) as a function of treatment (0 = not crated, n = 5; 1 = crating 24 h before farrowing, n = 11)

HRV-Parameter ¹⁾ HRV parameter ¹⁾	Fixierungsvariante Treatment		
	0	1	P
HR (1/min)	111	118	0,280
RMSSD	7,5	7,8	0,965
HF (nu)	41,3	58,7	0,955
LF (nu)	58,7	55,4	0,614
LF/HF	2,2	2,8	0,862

¹⁾ Logarithmisch transformiert; Schätzwerte auf Basis untransformierter Daten.

¹⁾ Log-transformed; estimated means based on non-transformed data.

3.3 Verhalten

Zwischen den „fixierten“ (Sauen, die 24 Std vor der Geburt fixiert wurden) und den nicht fixierten Sauen lagen weder für die Anteile von Stehen, Sitzen und Liegen noch für die Anzahl an Positionswechseln pro Stunde signifikante Unterschiede zwischen den Varianten vor. Jedoch standen und saßen die Sauen unabhängig von den Varianten zur Geburt hin häufiger, lagen aber weniger. Außerdem stieg die Anzahl an Positionswechseln zur Geburt hin an (Tab. 3).

Tab. 3: Grundaktivitäten im präpartalen Zeitraum in Abhängigkeit von Zeitraum (0 = 36–24 Std, 1 = 24–12 Std, 2 = 12–0 Std a. p.) und Fixierungsvariante (0 = nie fixiert, n = 25; 1 = Fixierung 24 Std vor Geburt, n = 19)

Tab. 3: Time budgets as a function of period (0 = 36–24 h; 1 = 24–12 h, 2 = 12–0 h a. p.) and treatment (0 = never crated, n = 25; 1 = crating 24 h before farrowing, n = 19)

Parameter Parameter	Zeitraum Period				Zeitraum · Fixierungsvariante Period · treatment						
	0	1	2	P	0/0	1/0	2/0	0/1	1/1	2/1	P
Stehen % Standing %	5,7	15,1	23,7	< 0,001	8,9	14,2	24,7	2,4	16,8	22,7	0,183
Sitzen % Sitting %	1,9	3,3	6,6	0,001	3,0	3,2	6,0	0,9	3,4	7,2	0,433
Liegen % Lying %	92,4	81,5	69,7	< 0,001	88,0	82,5	69,3	96,8	79,8	70,1	0,128
Positionssw./Std Change of pos./h	2,1	3,2	5,9	< 0,001	2,3	3,2	5,9	1,9	3,3	5,8	0,702

In den Anteilen für das gesamte Nestbauverhalten gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen fixierten und nicht fixierten Sauen (Tab. 4). Es zeigte sich aber, dass nicht fixierte Sauen sowohl absolut als auch relativ höhere Anteile an auf Stroh gerichtetem Verhalten zeigten.

Tab. 4: Nestbauverhalten im Zeitraum von 12 Std vor der Geburt in Abhängigkeit von der Fixierungsvariante (0 = nie fixiert, n = 21; 1 = Fixierung 24 Std vor Geburt, n = 14)

Tab. 4: Nestbuilding behaviour during 12 h before farrowing as a function of treatment (0 = not crated, n = 21; 1 = crating 24 h before farrowing, n = 14)

Verhalten Behaviour	Fixierungsvariante Treatment		
	0	1	P
Nestbau gesamt % Total nestbuilding %	25,4	19,4	< 0,05
Nestbau auf Stroh gerichtet gesamt % Total nestbuilding directed at straw %	11,7	2,2	< 0,05
Nestbau auf Stroh gerichtet am Nestbau gesamt % Nestbuilding directed at straw out of total nestbuilding %	54,7	19,7	< 0,05

4 Diskussion

Unabhängig von der Fixierungsvariante stieg die mittlere Herzfrequenz im präpartalen Zeitraum an; zusätzlich lag tendenziell ein Rückgang des RMSSD vor. Diese Effekte sind vermutlich auf das Fortschreiten der Trächtigkeit (Marchant-Forde und Marchant-Forde 2004) bzw. die nahende Geburt zurückzuführen. Auch bei Rindern beschreiben Kocavs et al. (2015) für den Zeitraum 24–12 Std a. p. ein starkes Absinken des RMSSD. Die Reaktion des autonomen Nervensystems im präpartalen Verlauf könnte auch im Zusammenhang mit dem (Beginn des) Nestbauverhaltens stehen, welches rund 24 Std vor dem Abferkeln eintritt (Algers und Uvnäs-Moberg 2007) und somit in den Bereich der zweiten Erhebungsperiode (24–12 Std a. p.) fiel.

Die für die Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit wichtigste Information ergibt sich für die präpartale Phase aus der Wechselwirkung zwischen Variante (fixiert; nicht fixiert) und dem Zeitraum (36–24 Std a. p. vs. 24–12 Std a. p.). Hier konnte kein Einfluss auf die Parameter der Zeit-Domäne, aber eine signifikante Reaktion hinsichtlich der Frequenz-Domäne festgestellt werden. Während der hochfrequente Anteil HF [nu] nach der Fixierung der Sauen (24 Std vor erwartetem Geburtstermin) absank, stieg der Wert bei den nicht fixierten Kontrollsauen an. Eine umgekehrte Reaktion zeigte sich im niederfrequenten Bereich (LF [nu]). Dies weist auf eine sympathische Aktivierung der fixierten Sauen bzw. eine höhere parasympathische Aktivität bei den frei beweglichen Sauen hin (von Borell et al. 2007).

Hinsichtlich Grundaktivität und Anzahl an Positionswechseln lag kein Effekt der Fixierung vor. Dies widerspricht vordergründig Literaturangaben, die vorgeburtlich mehr Positionswechsel, mehr Sitzen und Liegen und weniger Stehen bei fixierten gegenüber nicht fixierten Sauen beschreiben (Jarvis et al. 2001, Damm et al. 2003, Verhovsek et al. 2007). Ursache dafür könnte neben dem Stichprobenumfang die Tatsache sein, dass in den anderen Studien die Sauen länger fixiert waren (Fixierung zwischen fünf und sieben Tage vor dem errechneten Geburtstermin) als in der vorliegenden Untersuchung.

Dem Nestbauverhalten zuzuordnende Verhaltensweisen wurden bei fixierten und nicht fixierten Sauen insgesamt zu gleichen Anteilen beobachtet. Jedoch trat auf die Einstreu gerichtetes Verhalten bei freien Sauen signifikant mehr auf als bei fixierten. Ein wichtiger Grund hierfür ist, dass fixierte Sauen häufig innerhalb kurzer Zeit das vorhandene Stroh unter dem Kastenstand durchgeschoben hatten und so das Material nicht mehr erreichten. Stroh wurde zwar bei den Kontrollgängen erneut hineingeschoben oder neues verabreicht, dennoch war bei vielen Sauen nicht über die ganze Nestbauphase hinweg Stroh in Reichweite. Die oben beschriebenen Auswirkungen der Fixierung auf HF [nu], LF [nu] und LF/HF-Verhältnis könnten daher mit diesen Einschränkungen im Nestbauverhalten im Zusammenhang stehen.

Bei der Betrachtung des postpartalen Zeitraums lagen keine Unterschiede in den Parametern der HRV vor. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Sauen nach der Geburt in beiden Varianten zu über 96 % lagen und es kaum zu Aktivitäten oder ersichtlichen Verhaltensbeeinträchtigungen kam.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass der Organismus auf die bevorstehende Geburt mit einer sympathischen Aktivierung reagiert, was auch mit zunehmender Aktivität bei Einsetzen des Nestbauverhaltens begründet werden kann. Temporäre Fixierung im peripartalen Zeitraum führte nur bei Fixierung vor der Geburt zu physiologischen Reaktionen, die als erhöhte sympathische und verringerte parasymphatische Aktivität und damit als Stressbelastung interpretiert werden können. Die Fixierung nach Abschluss der Geburt führte hingegen zu keinen messbaren Auswirkungen innerhalb des Beobachtungszeitraums.

Literatur

- Algers, B.; Uvnäs-Moberg, K. (2007): Maternal behavior in pigs. *Hormones and Behavior* 52, pp. 78–85
- Arey, D. S.; Petchey, A. M.; Fowler, V. R. (1991): The preparturient behaviour of sows in enriched pens and the effect of preformed nests. *Applied Animal Behaviour Science* 31, pp. 61–68
- Damm, B. I.; Lisborg, L.; Vestergaard, K. S.; Vanicek, J. (2003): Nest-building, behavioural disturbances and heart rate in farrowing sows kept in crates and Schmid pens. *Livestock Production Sciences* 80, pp. 175–187
- Jarvis, S.; van der Vegt, B. J.; Lawrence, A. B.; McLean, K. A.; Deans, L. A.; Chirnside, J.; Calvert, S. K. (2001): The effect of parity and environmental restriction on behavioural and physiological responses of pre-parturient pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 71, pp. 203–216
- Jensen, P.; Broom, D. M.; Csermely, D.; Dijkhuizen, A. A.; Hylkema, S.; Madec, F.; Stamataris, C.; von Borell, E. (1997): The welfare of intensively kept pigs. Report of the Scientific Veterinary Committee of the European Union
- Kovacs, L.; Jurkovich, V.; Bakony, M.; Szenci, O.; Poti, P.; Tözser, J. (2015): Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: Literature review and conclusions for future research. *Animal* 8, pp. 316–330
- Marchant-Forde, R. M.; Marchant-Forde, J. N. (2004): Pregnancy-related changes in behavior and cardiac activity in primiparous pigs. *Physiology & Behavior* 82, pp. 815–825
- 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, pp. 648–654
- Oliviero, C.; Heinonen, M.; Valros, A.; Hälli, O.; Peltoniemi, O. A. T. (2008): Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. *Animal Reproduction Science* 105, pp. 365–377
- Verhovsek, D.; Troxler, J.; Baumgartner, J. (2007): Peripartal behaviour and teat lesions of sows in farrowing crates and in a loose-housing system. *Animal Welfare* 16, pp. 273–276
- Von Borell, E.; Langbein, J.; Despres, G.; Hansen, S.; Leterrier, C.; Marchant-Forde, J.; Marchant-Forde, R.; Minero, M.; Mohr, E.; Prunier, A.; Valance, D.; Veissier, I. (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – a review. *Physiology & Behavior* 92, pp. 293–316