

Vergleich verschiedener Verfahren zur
Ovulationssynchronisation und anschließender Besamung
bei Altsauen unter Einsatz des GnRH-Analogons Buserelin

von

Anika Selma Katharina Rahm

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Vergleich verschiedener Verfahren zur
Ovulationssynchronisation und anschließender Besamung
bei Altsauen unter Einsatz des GnRH-Analogons Buserelin

von Anika Selma Katharina Rahm
aus Rotorua

München 2017

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Krankheiten des Schweines

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. M. Ritzmann

Mitbetreuung durch: Dr. Dr. habil. A. Palzer

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. J. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. M. Ritzmann

Korreferent: Uni.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Tag der Promotion: 11. Februar 2017

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	3
1.	Physiologie der Fortpflanzung beim Schwein.....	3
2.	Sexualzyklus	3
2.1.	Zyklusstadien	4
2.2.	Endokrine Steuerung des Sexualzyklus.....	6
3.	Brunst und Ovulation	10
3.1.	Brunstkontrolle	10
3.2.	Brunstbeginn und Ovulation.....	13
3.3.	Wiedereintritt der Brunst nach der Geburt.....	13
4.	Biotechnische Steuerung der Fortpflanzung	15
4.1.	Hormone	16
4.2.	Synchronisationsverfahren.....	24
4.2.1.	Brunstsynchronisation.....	25
4.2.2.	Ovulationssynchronisation	27
5.	Künstliche Besamung beim Schwein.....	28
5.1.	Besamungszeitpunkt.....	29
5.2.	Besamungshäufigkeit.....	30
5.3.	Einflussfaktoren auf den Besamungserfolg.....	31
5.3.1.	Sperma	31
5.3.2.	Uterus	34
5.3.3.	Einfluss durch Jahreszeit und Licht.....	35
III.	MATERIAL UND METHODEN	38
1.	Betriebe.....	38
1.1.	Allgemeine Angaben zu den Betrieben	38
1.2.	Routinemäßig durchgeführte hormonelle Eingriffe	39
1.3.	Routinemäßiges Besamungsschema und Durchführung der Besamung in den Betrieben.....	40
2.	Versuchszeitraum	44
3.	Anzahl und Auswahl der Tiere	44

4.	Versuchsaufbau und -durchführung	45
4.1.	Einteilung der Versuchsgruppen.....	45
4.2.	Applikationsschema von Buserelin (Porceptal®) in den Gruppen 1, 2 und 4.....	46
4.3.	Applikationsschema der Gruppe 3 (Kontrolle)	48
5.	Erhobene Parameter	49
5.1.	Erfassung des Brunstverhaltens	49
5.1.1.	Erfassung der einzelnen Duldungsanzeichen.....	49
5.1.2.	Gesamtduldungsscore	52
5.2.	Erfassung und Durchführung des Besamungsvorganges.....	52
5.3.	Trächtigkeitskontrolle	53
5.4.	Erfassung der Abferkelergebnisse	54
5.5.	Trächtigkeitsdauer	55
6.	Spermagewinnung und -konfektionierung	55
6.1.	Spermagewinnung und hygienische Anforderungen an die Gewinnung.....	56
6.2.	Qualitätsanforderungen	56
6.3.	Spermakonservierung.....	57
6.4.	Konfektionierung und Spermienzahl je Besamungsdosis	57
7.	Statistische Auswertung	58
IV.	ERGEBNISSE	60
1.	Bewertung des Rauscheverhaltens	60
1.1.	Gesamtduldungsscore	60
1.2.	Duldungsreflex.....	61
2.	Besamung	62
2.1.	Ansaugeschwindigkeit	62
2.2.	Notwendige externe Insemination von Inseminationsflüssigkeit ...	63
2.3.	Rückfluss	63
3.	Trächtigkeit	63
3.1.	Trächtigkeitskontrolle	63
3.2.	Trächtigkeitsdauer	65
3.3.	Trächtigkeitsdauer < 113 Tage vgl. > 113 Tage	67

4.	Abferkelergebnisse	68
4.1.	Gesamt geborene Ferkel	68
4.2.	Ferkelindex und Abferkelrate	69
4.3.	Differenz zwischen Trächtigkeitsrate und Abferkelrate	71
5.	Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Besamung und der Abferkelung	71
5.1.	Vergleich Duldung mit Trächtigkeitskontrolle	72
5.2.	Zusammenhang zwischen Duldungsscore und Trächtigkeitsdauer	73
5.3.	Korrelation der Duldung mit weniger als acht geborene Ferkel.....	73
5.4.	Vergleich von Rückfluss mit Trächtigkeitskontrolle	73
V.	DISKUSSION	75
1.	Ovulationssynchronisation mit Porceptal®	75
1.1.	Ergebnisse der Beurteilung der Rausche.....	76
1.2.	Gesamtduldungsscore	77
2.	Beurteilung der Besamungsparameter	78
2.1.	Besamungshäufigkeit und -zeitpunkt	78
2.2.	Anwesenheit eines Stimulierebers und Einfluss auf den Besamungserfolg	79
2.3.	Spermaportion	79
2.4.	Ansaugeschwindigkeit.....	82
2.5.	Rückfluss	83
3.	Ergebnisse der Trächtigkeitskontrolle	84
4.	Ergebnisse der Trächtigkeitsdauer	88
5.	Auswertung der Ergebnisse der Abferkelung	90
5.1.	Gesamt geborene Ferkel	90
5.2.	Ferkelindex	92
VI.	SCHLUSSFOLGERUNG	97
VII.	ZUSAMMENFASSUNG	99
VIII.	SUMMARY	102
IX.	LITERATURVERZEICHNIS	104

X.	ANHANG	125
1.	Tabellenverzeichnis.....	125
2.	Abbildungsverzeichnis.....	127
XI.	DANKSAGUNG.....	128

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Symbol	Bedeutung
AI	artificial insemination
bzw.	Beziehungsweise
BSA	Bovines Serumalbumin
BTS	Beltsville thawing solution
BuS	Besamungsunion Schwein
eCG	equines Choriongonadotropin
e.V.	eingetragener Verein
Fa.	Firma
FSH	follikelstimulierendes Hormon
FI	Ferkelindex
G	Gramm
GnRH	Gonadotropin-Releasing-Hormon
H	Hours
hCG	humanes Choriongonadotropin
HVL	Hypophysenvorderlappen
IE	Internationale Einheit
KB	künstliche Besamung
LH	luteinisierendes Hormon
LHRH	luteinisierendes Hormon Releasing-Hormon
Max	Maximum
Min	Minimum
Mg	Milligramm
Mil	Million
Mm	Millimeter
Mio	Millionen
MW	Mittelwert
N	Numbers
pLH	porcines LH
PGF2 α	Prostaglandin F2alpha
PMSG	Pregnant Mare Serum Gonadotropin
s.o.	siehe oben

s.u.	siehe unten
SD	standard deviation
Tab.	Tabelle
TOI	terminorientierte Insemination
u.a.	unter anderem
µl	Mikroliter
vgl.	Vergleichend
WIE	Weaning-to-Estrus-Intervall
z.B.	zum Beispiel
ZDS	Zentralverband der deutschen Schweineproduktion

I. EINLEITUNG

Die Steuerung des Zyklus der Sau spielt in der heutigen Ferkelerzeugung eine zunehmend wichtige Rolle. Im Rahmen verschiedener Synchronisationsprogramme, die sich in den letzten Jahren in vielen Betrieben etabliert haben, wird eine Zyklusregulation vorgenommen. Eines dieser Verfahren ist die Ovulationssynchronisation als Voraussetzung für die terminorientierte Besamung. Oberstes Ziel dieser Methoden ist, die Anzahl der Würfe pro Sau und Jahr, sowie die Anzahl aufgezogener Ferkel pro Sau und Jahr, zu maximieren (ENGL, 2006). Die Synchronisation der Sauen zur Bildung einheitlicher Abferkelgruppen bietet sowohl wirtschaftliche als auch arbeitseffiziente Vorteile.

Präparate mit unterschiedlicher Wirkung kommen zur Zyklussteuerung zum Einsatz. Dazu zählt das Stutenserumgonadotropin (=pregnant mare serum gonadotropin, PMSG), heute als equines Choriongonadotropin, eCG bezeichnet, welches das Follikelwachstum stimuliert (FOXCRIFT et al., 1989). Die Wirkung ist vergleichbar dem physiologisch vorkommenden follikelstimulierenden Hormon (=FSH) und wird zur Brunstsynchronisation verwendet. Zur Ovulationsauslösung kommen entweder humanes Choriongonadotropin (=hCG) oder ein Gonadotropin-Releasing-Hormon-Analogon (=GnRH) zum Einsatz (SCHNURRBUSCH, 2006), da diese eine dem luteinisierenden Hormon (=LH) vergleichbare Wirkung auf den Organismus haben. Neben einer synthetischen Variante von GnRH, Gonadorelin, (ENGL, 2006) wurden in den letzten Jahren zahlreiche andere GnRH-Isoformen beschrieben (WHITE et al., 1995; FERNALD und WHITE, 1999; CAROLSFELD et al., 2000; PATI und HABIBI, 2000; NEILL, 2002; SOMOZA et al., 2002).

Ziel der Arbeit war es, den Einsatz des synthetisch hergestellten GnRH-Analogons Buserelin (Porceptal[®]) zur Ovulationssynchronisation bei multiparen abgesetzten Sauen mit einer einmaligen terminorientierten Besamung zu untersuchen. Um den Erfolg unter Praxisbedingungen beurteilen zu können, wurden verschiedene Parameter ausgewertet. In einem ersten Schritt wurde die Stimulation der Brunst im Vergleich zu einer mit equinem Choriongonadotropin

und Gonadorelin behandelten Kontrollgruppe beurteilt. Im Rahmen des Besamungsvorganges wurden weitere Leistungsdaten erfasst.

In einem zweiten Schritt wurden fruchtbarkeitsrelevante Parameter anhand der Trächtigkeits- und Abferkelergebnisse festgehalten, um unter anderem den Besamungserfolg mit einer einmaligen künstlichen Besamung beurteilen zu können.

Im Verlauf der Durchführung wurde anhand erster Ergebnisse der Versuchsaufbau abgewandelt. Der Anwendung von Buserelin folgten, statt einer einmaligen Besamung, bis zu drei Besamungen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Physiologie der Fortpflanzung beim Schwein

Das Schwein ist ein polyöstrisches Tier, das bedeutet sein Sexualzyklus kehrt in regelmäßigen Abständen wieder (DOWNEY, 1980; ENGL, 2006; SCHNORR und KRESSIN, 2011; MEINECKE, 2015; RÜSSE, 2015). Dem regelmäßigen Ablauf von wiederkehrenden Zyklen, der sogenannten Zuchtreife, geht das Eintreten der Geschlechtsreife voraus. Diese ist erreicht, wenn die erste vollwertige Brunst mit Duldungsreflex auftritt (SCHNURRBUSCH, 2006). Die auch als Pubertät bezeichnete Geschlechtsreife (SCHNURRBUSCH, 2006) tritt bei Schweinen in einem Alter von fünf bis neun Monaten ein (PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006; SCHNORR und KRESSIN, 2011; RÜSSE, 2015). Der Beginn der Pubertät wird durch verschiedene Umstände wie Rasse, Körpergewicht und durch äußere Faktoren beeinflusst (PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006). Die Zuchtreife ist erreicht, wenn mindestens ein Zyklus (SCHNURRBUSCH, 2006) oder zwei Zyklen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b) durchlaufen sind. Ab diesem Zeitpunkt ist mit einer normalen Fruchtbarkeitsleistung zu rechnen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b).

2. Sexualzyklus

Der Sexualzyklus des Schweines wird bei der klinischen Beurteilung von dem äußerlich erkennbaren Vorgang der Brunst bestimmt und deshalb als Brunstzyklus bezeichnet (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Die Tiere zeigen nur während der Brunst Paarungsbereitschaft (SCHNURRBUSCH, 2006; MEINECKE, 2015). Der Zyklus dauert beim Schwein etwa 21 Tage bei einer individuellen Schwankungsbreite von 1-2(4) Tagen (DOWNEY, 1980; PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNURRBUSCH, 2007; SCHNORR und KRESSIN, 2011). Der

Sexualzyklus beginnt mit dem Östrus und endet mit dem Auftreten des folgenden Östrus (MEINECKE, 2015).

2.1. Zyklusstadien

Proöstrus

Der Proöstrus wird auch als Vorbrunst oder Follikelphase (SAFRANSKI und COX, 2007) bezeichnet und stellt die Phase von der Gelbkörperregression bis zur Ovulation dar (SAFRANSKI und COX, 2007). Der Proöstrus wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert. Er umfasst in Verbindung mit erneutem Follikelwachstum die Tage 18-21(17-20) (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006). Im Proöstrus wachsen die Tertiärfollikel bis auf eine Größe von 8 bis 10mm (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; BOSTEDT, 2009) bzw. 5 bis 12mm (SAFRANSKI und COX, 2007) und produzieren zunehmende Mengen an Östrogen. Der Östradiolanstieg während der Follikelphase ist für das Auslösen des präovulatorischen LH-Peaks und das Brunstverhalten (SAFRANSKI und COX, 2007) verantwortlich. Die Östrogene fördern die Wasserbindungskapazität des Bindegewebes und bedingen so eine stetig zunehmende Ödematisierung der Vulva (BOSTEDT, 2009). Diese Ödematisierung und Hyperämie der Vulva wird häufig im Rahmen der Brunstkontrolle beobachtet. Die Tiere sind in dieser Phase jedoch noch nicht duldbreit (SCHNURRBUSCH, 2006). Bei einigen Tieren werden Symptome wie dickflüssiges, weißes Sekret beobachtet, zudem zeigen die Tiere Verhaltensweisen wie Unruhe und Bespringen anderer Sauen (SCHNURRBUSCH, 2007).

Östrus

Der Zeitraum, in dem eine Paarungsbereitschaft vorliegt, das heißt ein Duldungsreflex festgestellt wird, wird als eigentliche Brunst/Östrus oder ovulatorische Phase bezeichnet (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007). Die Sau steht bei Annäherung des Ebers und duldet dessen Aufsprung (SCHNURRBUSCH, 2007). Diese Phase dauert bei den meisten Tieren zwei Tage und wird in die Zyklustage 0-1 bzw. 1-2 eingeteilt (SCHNURRBUSCH, 2006). Altsauen können dabei bis zu 72 Stunden einen Duldungsreflex zeigen, Jungsaunen dulden dagegen nur etwa 36

Stunden (PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006). In dieser Zeit ist die Vulva weiterhin gerötet und geschwollen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Die Rötung und Schwellung geht jedoch aufgrund des sinkenden Östrogen- und des steigenden Progesteroneinflusses zurück (SCHNURRBUSCH, 2007). Am Ovar kommt es zu einem weiteren Wachstum der Tertiärfollikel (Graafschen Follikel) auf einen Durchmesser von acht bis 16 mm. Der Zeitpunkt der endgültigen Ausreifung und die Ovulation ist erreicht (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Der Ovulationszeitpunkt ist sehr variabel und erfolgt zwischen 20 und 60 Stunden nach Östrusbeginn (SCHNURRBUSCH, 2007). Meist erfolgt die Ovulation im letzten Drittel des Östrus (SCHNURRBUSCH, 2006), circa 36 bis 44 Stunden nach Beginn des Östrus (SAFRANSKI und COX, 2007).

Metöstrus

Der Metöstrus, der auch als Nachbrunst bezeichnet wird, umfasst die Zyklustage drei bis fünf (SCHNURRBUSCH, 2006). In dieser Phase werden Gelbkörper aus den rupturierten Follikeln formiert und von ihnen wird Progesteron produziert (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SAFRANSKI und COX, 2007). Diese Funktionsgebilde werden zuerst als Corpora haemorrhagica (kollabierte Follikel mit Blutkoagula gefüllt) bezeichnet und wachsen in den anschließenden sechs-acht Tagen zu voll entwickelten Gelbkörper in Blüte heran (RÜSSE, 2015). Die äußeren Brunstsymptome gehen zurück. Die Vulva schwillt ab und wird blasser (SCHNURRBUSCH, 2007). Zudem dulden die Tiere ab diesem Zeitpunkt nicht mehr (SCHNURRBUSCH, 2006).

Diöstrus

Der Zeitraum in dem keine Brunstsymptome auftreten, wird als Diöstrus oder Zwischenbrunst bezeichnet (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Dieser umfasst die Zyklustage sechs bzw. sieben bis 17 (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Der Diöstrus wird in zwei Phasen eingeteilt. Die erste Phase umfasst den Zeitraum bis zum zwölften Zyklustag und wird als Gelbkörperphase (Diöstrus I) bezeichnet (SCHNURRBUSCH, 2006). In diesem Zeitraum werden von den Corpora lutea zunehmende Mengen an Progesteron

produziert, wobei die maximalen Mengen zwischen dem achten und zwölften Tag erreicht werden (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006; RÜSSE, 2015). Kommt keine Trächtigkeit zustande produziert der Uterus ab dem 13. Zyklustag Prostaglandin $F2\alpha = PGF2\alpha$ (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Es kommt zur Luteolyse und die Gelbkörper bilden sich bis zum 18. Tag zurück. Die Progesteronwerte sinken auf Basiswerte ab (RÜSSE, 2015). Der Zeitraum in dem der Progesteronspiegel auf seinen Ausgangswert absinkt, wird als Phase der Gelbkörperregression (Diöstrus II) bezeichnet (SCHNURRBUSCH, 2006). Bereits um den 17. Tag beginnt parallel dazu ein verstärktes Follikelwachstum (BOSTEDT, 2009). Die Selektion dominanter Follikel erfolgt am Übergang vom Diöstrus zum Proöstrus des neuen Zyklus von 35 Follikel auf zwölf-15 bei Jungsaunen bzw. 14-17 Follikel bei Altsauen (BOSTEDT, 2009). Der neue Zyklus beginnt somit wieder ab Tag 18.

2.2. Endokrine Steuerung des Sexualzyklus

Die endokrine Steuerung des Brunstzyklus unterliegt der Kontrolle eines hierarchischen Systems. An der Spitze steht der Hypothalamus, in der Mitte die Hypophyse und den Grundstock bilden die Ovarien (MEINECKE, 2015). Der Hypothalamus fungiert hierbei als Steuerzentrum des endokrinen Systems (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006), indem dieser die Hormonkonzentrationen im Organismus registriert und über Rückkopplungs-(Feedback) Mechanismen der jeweiligen Situation anpasst (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Ihre eigene Synthese hemmen oder fördern die sezernierten Botenstoffe über ihre Blutkonzentration (MEINECKE, 2015). Der wichtigste Botenstoff ist das Gonadotropin-Releasing-Hormon. Es kontrolliert die Freisetzung der Gonadotropine LH und FSH aus der Adenohypophyse (MEINECKE, 2015). GnRH wird aus der Hypophyse episodisch freigesetzt und das Gleiche gilt für die Freisetzung von FSH und LH (HARESIGN et al., 1983; BÄUMER et al., 2014; MEINECKE, 2015). Unter dem Einfluss von FSH und LH kommt es zu einem vermehrten Follikelwachstum (THUN, 2009). Diese wachsenden Follikel produzieren in steigenden Mengen Östrogen und Inhibin (DOWNEY, 1980). In der Folge kommt es durch den LH-Gipfel

zur Ovulation mehrerer Tertiärfollikel aus denen sich Gelbkörper entwickeln (THUN, 2009). Die Gelbkörper beginnen Progesteron zu produzieren (THUN, 2009). Die Gonadotropine FSH und LH reduzieren ihre eigene Synthese und Freisetzung über eine kurze Rückkopplungsschleife (short feedback loop) durch Hemmung der GnRH-Sekretion (MEINECKE, 2015). GnRH selbst kann über ein „ultra short feedback“ seine eigene Sekretion hemmen (MEINECKE, 2015). Über eine lange Rückkopplungsschleife (long feedback loop) wirken die vom Ovar sezernierten Steroidhormone Östrogen und Progesteron auf die GnRH-Sekretion (MEINECKE, 2015). Sie haben sowohl stimulierende als auch hemmende Einflüsse auf die Gonadotropinfreisetzung (DOWNEY, 1980). Östrogen übt ein negatives und ein positives Feedback aus (BRITT et al., 1991; MEINECKE, 2015). Die Östrogene wirken stimulierend und hemmend auf den Hypothalamus und die Adenohypophyse (Hypophysenvorderlappen= HVL). Im Verlauf der durch die wachsenden Follikel produzierten Östrogenmengen erhöht sich parallel die Anzahl der GnRH-Pulse (MEINECKE, 2015). Immer mehr gespeichertes LH und auch FSH werden freigesetzt (MEINECKE, 2015). Dieses System aus frequenter werdenden GnRH-Pulsen und LH-Sekretion schaukelt sich bis zur explosionsartigen LH-Freisetzung hoch (präovulatorischer LH-Peak) (MEINECKE, 2015). Dieser Mechanismus wird als positives Östrogen-Feedback bezeichnet. Der HVL sezerniert in der frühen Follikelphase ausreichend FSH, um die steigende Östrogensynthese mehrerer heranreifender Follikel zu unterstützen (MEINECKE, 2015). In der späten Follikelphase kommt es durch die von den wachsenden Follikeln produzierten Östrogen- und Inhibinmengen über ein negatives Feedback zur Abnahme der FSH-Sekretion (MEINECKE, 2015). Das weitere Wachstum zum sprungreifen Follikel wird durch den Follikel selbst gesteuert. Die größten Follikel erhöhen die Anzahl ihrer FSH-Rezeptoren und zusätzlich induziert das Östrogen eine Gefäßeinsprossung in die Theca interna (MEINECKE, 2015). Somit erhält der kapillarreichste Follikel mehr FSH und übt damit eine passive Dominanz über die Konkurrenzfollikel aus (MEINECKE, 2015). Des Weiteren induziert das Östrogen die Ausbildung von LH-Rezeptoren an den Granulosazellen, um auf die ovulationsauslösende LH-Ausschüttung reagieren zu können

(MEINECKE, 2015). Die Östrogenkonzentration sinkt noch vor dem Beginn der Brunst wieder ab (RÜSSE, 2015). Das im Anschluss an die Ovulation vom Gelbkörper gebildete Progesteron übt ein ausgeprägtes negatives Feedback auf die GnRH-Sekretion des Hypothalamus aus (MEINECKE, 2015). Es kommt zu einer Reduktion der basalen GnRH-Freigabe und der Frequenz der Pulse (MEINECKE, 2015). Eine Follikelentwicklung während der Gelbkörperphase ist daher möglich, jedoch kommt es zu keiner Ovulation (MEINECKE, 2015).

Der Zyklus wird in vier Phasen eingeteilt: Proöstrus (Vorbrunst), Östrus (Brunst), Metöstrus (Nachbrunst) und Diöstrus (Zwischenbrunst). In unterschiedlichen Nomenklaturen wird der Tag, an dem erstmals der Duldungsreflex auftritt, als Zyklustag Eins bzw. Null bezeichnet (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; PLONAIT, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006).

Gonadotropin-releasing-Hormon

Das GnRH wird im Hypothalamus gebildet (MEINECKE, 2015). In der Hypophyse, genauer in der Adenohypophyse, stimuliert das Neurohormon die Freisetzung des LH (BÄUMER et al., 2014; KNOX, 2015; MEINECKE, 2015). Vergleicht man das Muster der Freisetzung von GnRH und LH, so lässt sich erkennen, dass das Sekretionsmuster nahezu übereinstimmt und man davon ausgehen kann, dass GnRH der primäre und direkte Regulator des LH darstellt (PADMANABHAN und MCNEILLY, 2001; KNOX, 2015). Die Sekretion des LH ist an die GnRH-Sezernierung gekoppelt (THUN, 2009; BÄUMER et al., 2014). GnRH ist zusätzlich an der Sekretion des FSH aus dem HVL beteiligt (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006; BÄUMER et al., 2014; MEINECKE, 2015). In einer Studie von PADMANABHAN und MCNEILLY (2001) konnte beobachtet werden, dass es eine von einem GnRH-Signal unabhängige FSH-Freisetzung gibt. Es wird kontinuierlich freigesetzt, da es nicht in der Hypophyse gespeichert wird (BÄUMER et al., 2014). Die Freisetzung des GnRH erfolgt aufgrund der vielfältigen Rückkopplungsmeldungen beständig, jedoch in zu- und abnehmenden Mengen, von internen und externen Signalen beeinflusst (KNOX, 2015; MEINECKE, 2015).

Follikelstimulierendes Hormon (FSH)

Das Glykoproteinhormon Follitropin (FSH) wird durch die Wirkung von GnRH aus dem HVL freigesetzt (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Freisetzung wird wahrscheinlich durch einen gesonderten FSH-Releasing-Faktor zusätzlich gesteuert (MCCANN et al., 1998; PADMANABHAN und MCNEILLY, 2001). Es wird vermutet, dass es sich um die GnRH-Variante GnRH-III handelt (PADMANABHAN und MCNEILLY, 2001; ENGL, 2006), eine beim Neunauge erstmals entdeckte Neurohormonvariante (SOWER et al., 1993). FSH regt das Wachstum der Follikel an (DOWNEY, 1980; SCHNURRBUSCH, 2006). Während des Zyklus ist der FSH-Spiegel relativ hoch und es wird stetig das Heranwachsen kleiner Follikel angeregt (SCHNURRBUSCH, 1998, 2006). Die wichtigste Funktion von FSH besteht darin, dass es die Anzahl der heranreifenden Follikel bestimmt (SCHNURRBUSCH, 2006). Je höher der FSH-Spiegel im Proöstrus ist, desto mehr Follikel erlangen das präovulatorische Stadium (SCHNURRBUSCH, 2006). Im Verlauf des Zyklus wird während der Vorbrunst ein geringgradiger Abfall des FSH beobachtet (SCHNURRBUSCH, 1998). Inhibin übt einen negativen Feedbackmechanismus auf die FSH-Sekretion aus (PADMANABHAN und MCNEILLY, 2001; NOGUCHI et al., 2010; ROBERTSON, 2012). Die Anzahl der Follikel, die sich zu Graafschen Follikeln entwickeln wird dadurch limitiert und die kleinen Follikel werden atretisch (SCHNURRBUSCH, 1998, 2006). Für die endgültige Ausreifung ist die synergistische Wirkung von LH nötig (SCHNURRBUSCH, 2006). Durch die Verabreichung von FSH oder ähnlich wirkenden Präparaten, z.B. das PMSG kann die Ovulationsrate erhöht werden (SCHNURRBUSCH, 2006). Dieser Effekt wird im Rahmen der Brunstsynchronisation bei Jung- und Altsauen genutzt (SCHNURRBUSCH, 2006). Zu diesem Zweck stehen im Handel verschiedene Präparate zur Verfügung. Ein FSH-Gipfel tritt postovulatorisch auf, dadurch wird das Wachstum der Follikel für den nachfolgenden Zyklus angeregt (SCHNURRBUSCH, 1998, 2006; BOSTEDT, 2009). Der FSH-Gipfel erfolgt ungefähr zwei Tage nach dem LH-Gipfel (RÜSSE, 2015)

Luteinisierendes Hormon (LH)

Ein weiteres Glykoproteinhormon ist das Luteinisierende Hormon (Lutropin), welches eine wichtige Funktion im Sexualzyklus hat (SCHNURRBUSCH, 2006). Die LH-Konzentration beginnt am ersten Tag des Östrus anzusteigen und erreicht im Laufe dieses Tages den Gipfelwert (SCHNURRBUSCH, 2006). Der LH-Gipfel (Peak) liegt beim Schwein präovulatorisch und fällt mit dem Brunstbeginn (Auftreten des Duldungsreflexes) zusammen (SCHNURRBUSCH, 2006; RÜSSE, 2015). Bei der präovulatorischen LH-Freisetzung werden 80% des im HVL vorhandenen LH in den Blutkreislauf abgegeben, um die Ovulation der Follikel auszulösen (MEINECKE, 2015). Die Ovulation erfolgt circa 36-40 Stunden nach Auftreten des LH-Peaks (SCHNURRBUSCH, 2006). Durch Luteinisierung entstehen aus den Follikeln in der Folge Gelbkörper (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Corpora lutea produzieren Progesteron, welches die LH-Freisetzung hemmt (BOSTEDT, 2009). Die Werte des LH sinken auf das Ausgangsniveau ab (BOSTEDT, 2009). Zur Zyklussteuerung stehen LH-wirksame Präparate zur Verfügung.

3. Brunst und Ovulation

Da Brunst und Paarungsbereitschaft Ausdruck für bestimmte physiologische Abläufe der hormonellen und nervalen Regulation im Organismus und speziell am Eierstock sind, ist die Brunst vorrangig mit Follikelwachstum und Ovulation verbunden (BRÜSSOW und WÄHNER, 2005). Da diese auf Ovariebene ablaufenden Vorgänge rein adspektorisch nicht festzustellen sind, orientiert man sich an den äußerlich erkennbaren Brunstmerkmalen und dem Verhalten der Tiere in den verschiedenen Zyklusphasen.

3.1. Brunstkontrolle

In den landwirtschaftlichen Betrieben werden diese typischen Verhaltensmuster im Rahmen der Brunstkontrolle erfasst. Diese wird üblicherweise zweimal täglich außerhalb der Fütterungszeiten durchgeführt (SCHNURRBUSCH, 2006, 2007) und sollte sehr sorgfältig ausgeführt und dokumentiert werden. Es ist wichtig, dabei verschiedene Dinge zu beachten. Die Brunstkontrolle sollte immer zur gleichen Zeit, am

besten in zwölfstündigem Abstand, durchgeführt werden. Die Sauen sollten ruhig und schonend behandelt werden und die durchführenden Personen sollten den Tieren bekannt sein (WÄHNER und HOY, 2009a).

Anwesenheit eines Stimulierebers

Nach SCHNURRBUSCH (2007) ist nur durch die Anwesenheit eines Stimulierebers eine zuverlässige Brunstfeststellung möglich. Die vom Eber ausgehenden Reizsignale spielen zur Auslösung des Duldungsreflexes eine große Rolle (SOEDE, 1993). So ist die taktile und olfaktorische Stimulation durch den Eber für den Duldungsreflex wichtig (SOEDE, 1993). In den meisten Betrieben kommen dabei mehrere Eber zum Einsatz. Die Eber werden im Gang vor den Sauen an deren Köpfen vorbeigeführt (SAFRANSKI und COX, 2007; WABERSKI und WEITZE, 2007). Dabei sollte der Eber nicht mehr als vier bis fünf Sauen gleichzeitig stimulieren (SAFRANSKI und COX, 2007), da es sonst zu Überforderung des Ebers kommt. Der Eber sollte lediglich vor den zu besamenden Sauen stehen. Durch Eberkontakt vor der Brunstkontrolle wird nach SAFRANSKI und COX (2007) eine Verkürzung des Brunst-Absetz-Intervalls erreicht. Feldstudien deuten darauf hin, dass durch die Anwesenheit eines Ebers bei der Besamung die Abferkelraten um über 10% erhöht werden können (SAFRANSKI und COX, 2007). Die vom anwesenden Eber ausgehenden Reize lösen eine Oxytocin-Ausschüttung aus, durch die Kontraktionen des Uterus stimuliert werden (LANGENDIJK et al., 2005). Die Anwesenheit eines Stimulierebers reduziert den Spermarückfluss während und kurz nach der Besamung (WILLENBURG et al., 2003). Negative Effekte auf Brunstsymptome und die Östrusdauer hat die dauerhafte Haltung der Sauen direkt neben einem Eber (KNOX et al., 2004).

Rötung und Schwellung der Vulva

Die Rötung der Vulva tritt durchschnittlich 21 Stunden vor der Ovulation auf (LANGENDIJK et al., 2000). Gemeinsam mit der Ödematisierung der Vulva ist sie das markanteste Zeichen der Vorbrunst. Diese Veränderungen erfolgen unter dem Einfluss von Östrogenen (SCHNURRBUSCH, 2006). Östrogene werden von den Wandzellen der reifenden Follikeln produziert und sind für die Auslösung der Brunst

verantwortlich (WÄHNER, 2012). Tiere, die diese Merkmale aufweisen, sollten in der folgenden Brunstkontrolle intensiv beobachtet werden.

Testung des Duldungsreflexes

Das wesentliche Merkmal für den Eintritt des Östrus ist der Duldungsreflex (SCHNURRBUSCH, 2006). Dieser Reflex kann durch Imitieren des Verhaltens des Ebers während des natürlichen Deckaktes nachgeahmt werden (SCHNURRBUSCH, 2007). Eine Methode ist der Flankendruck oder Flankengriff. Es wird mithilfe des Knies fest Druck auf den Flankenbereich der Sau ausgeübt oder die Bauchwand im Bereich der Kniefalte hochgezogen (SCHNURRBUSCH, 2007). Der Stoß des Ebers in die Flanke der Sau wird auf diese Weise nachgeahmt (SCHNURRBUSCH, 2006). Bleibt das Tier stehen und weicht nicht aus, so ist dies ein Zeichen, dass das Tier in der Brunst ist. Eine weitere Möglichkeit ist die Stützprobe, auch als Rückendruck bezeichnet. Mit beiden Händen ist dazu im Lendenbereich Druck auf den Rücken auszuüben (SCHNURRBUSCH, 2007). Der Test wird als positiv bewertet, wenn das Tier dabei stehen bleibt. Zudem kann noch der Reittest durchgeführt werden. Eine Person setzt sich auf den Rücken der Sau (SCHNURRBUSCH, 2007) und der Duldungsreflex ist positiv, wenn das Tier dies toleriert. Die beiden letzten Untersuchungsmöglichkeiten ahmen den Aufsprung und die Umklammerung durch den Eber nach (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine Sau im Östrus toleriert alle Proben, sie „steht“ und nimmt dabei eine sägebockartige Stellung ein (HÜHN und KAULFUSS, 2004; SCHNURRBUSCH, 2007). In vielen ferkelerzeugenden Betrieben kommen zur Durchführung der Brunstkontrolle Hilfen wie Besamungsbügel zum Einsatz.

Urinabsatz

Urinabsatz kann bei Sauen während der Besamung häufig beobachtet werden. Dieses Verhalten zeigen Sauen vor allem dann, wenn direkter Kontakt zum Eber besteht. Wenn der Eber in den Gang vor den Sauen geführt wird und noch kein Kontakt aufgenommen werden kann, so zeigen einige Tiere solche Verhalten trotzdem.

Ohrenstellung

Viele Sauen stellen während der Brunst die Ohren auf, abhängig von der Rasse, und blicken aufmerksam um sich (HÜHN und KAULFUSS, 2004; SCHNURRBUSCH, 2006). Zusätzlich wird der Schwanz leicht angehoben (HÜHN und KAULFUSS, 2004).

3.2. Brunstbeginn und Ovulation

Die Dauer des Brunstzyklus und die Zeitspanne, in der die Tiere Brunstsymptome zeigen, unterliegen erheblichen physiologischen Schwankungsbreiten (MEINECKE, 2015). Diese Schwankungen werden durch das Individuum selbst oder durch die Umwelt hervorgerufen (MEINECKE, 2015). Die Dauer wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich angegeben. Dabei bezeichnet die Östrusdauer, die Zeitspanne vom Östrusbeginn bis zum Zeitpunkt der letzten Feststellung des Duldungsreflexes (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Der Östrus dauert 40-72 Stunden und die Ovulation erfolgt 40-47 Stunden nach LH-Peak (DOWNEY, 1980; SOEDE et al., 1994; MEINECKE, 2015). In Relation zum Zyklus erfolgt die Ovulation 38-42 Stunden bzw. 36-44 Stunden nach Östrusbeginn bzw. nach Auftreten des Duldungsreflexes (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SOEDE et al., 1994; SAFRANSKI und COX, 2007; MEINECKE, 2015). Unabhängig von der Dauer der Duldung ovulieren die Sauen im zweiten Drittel bzw. im dritten Viertel des Östrus (WONGTAWAN et al., 2006; SAFRANSKI und COX, 2007). Bei frührauschigen Sauen, deren Östrus etwa am dritten Tag nach dem Absetzen beginnt, tritt die Ovulation 55 ± 18 h später auf (NISSEN et al., 1997). Bei spätrauschigen Tieren beginnt der Östrus an Tag fünf und diese Tiere ovulieren früher (35 ± 18 h) (NISSEN et al., 1997). Eine Sau die 24 Stunden in der Rausche ist, wird 16 bis 18 Stunden nach Beginn ovulieren und ein Tier, das 72 Stunden rauscht, wird nach 48 bis 54 Stunden ovulieren (SAFRANSKI und COX, 2007). Die Dauer der eigentlichen Ovulation wird dabei mit zwei bis fünf Stunden angegeben (SOEDE et al., 1992).

3.3. Wiedereintritt der Brunst nach der Geburt

Aus embryologischer Sicht betrachtet erfolgen zunächst, unter Abgabe der Lochien im Puerperium, regenerative und degenerative Prozesse mit dem

Ziel der vollständigen Wiederherstellung der Genitalorgane (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; SCHNURRBUSCH, 2006). Während der Phase der Laktation erfolgen keine zyklischen Aktivitäten der Ovarien (BUSCH, 2007). Diese Phase der fast vollständigen ovariellen Inaktivität nennt man Laktationsazyklie (HARESIGN et al., 1983; WÄHNER, 2014). Die hohe Prolaktinkonzentration während der Laktation blockiert nahezu vollständig die LH-Sekretion in der Hypophyse (QUESNEL und PRUNIER, 1995; BOSTEDT, 2009). Die Hemmung der LH-Sekretion wird durch das Säugen der Ferkel ausgelöst (DE RENSIS et al., 1993). Die FSH-Sekretion wird durch ein negatives Feedback der Ovarien (vermutlich Inhibin) reguliert (QUESNEL und PRUNIER, 1995; SAFRANSKI und COX, 2007). Es findet jedoch keine vollständige Unterdrückung der Freisetzung statt (SAFRANSKI und COX, 2007). Mit Fortschreiten der Laktation wird die Follikulogenese angeschoben, die Follikel erreichen jedoch nicht das präovulatorische Stadium (QUESNEL und PRUNIER, 1995). Einige Follikel entwickeln sich während der Laktation auf eine Größe von 5mm (SAFRANSKI und COX, 2007).

Die Höhe der Prolaktinkonzentration hängt von der Säugeintensität der Ferkel ab (BOSTEDT, 2009). Mit zunehmender Festfutteraufnahme der Ferkel sinkt die Konzentration und nach dem Absetzen kommt es zu einem abrupten Abfall der Prolaktinkonzentration (SAFRANSKI und COX, 2007; BOSTEDT, 2009). Das Absinken des Prolaktinspiegels führt zur Aufhebung der Gonadotropinblockade und die Zyklustätigkeit setzt wieder ein (WÄHNER, 2014). Werden lediglich sechs oder weniger Ferkel gesäugt, findet keine adäquate Hemmung des Zyklus statt (SAFRANSKI und COX, 2007). Folglich kommt es zu einem unbemerkten Wiedereintritt in den Zyklus während der Laktation (SAFRANSKI und COX, 2007). Diese Sauen erscheinen beim Absetzen azyklisch, obwohl sie sich in der Gelbkörperphase befinden (SAFRANSKI und COX, 2007; SIGMARSSON und KAUFFOLD, 2016).

Die Dauer bis zum Wiedereintritt der zyklischen Ovarfunktionen hängt vom Zeitpunkt des Absetzens, der Anzahl gesäugter Ferkel und von der Kondition der Sau ab (BOSTEDT, 2009). Das Absetz-Rausche-Intervall wird unter anderem durch die Laktationsdauer bestimmt (LEITE et al., 2011). Erst nach dem 21. Tag ist zuverlässig mit kurzfristigem Einsetzen

der Brunst zu rechnen (PLONAIT, 2004). Dies steht im Zusammenhang mit dem Prozess der Uterusinvolutions, der bei laktierenden Sauen nicht vor dem 18.-24. Tag abgeschlossen ist (SCHNURRBUSCH, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNORR und KRESSIN, 2011). Laut SAFRANSKI und COX (2007) ist die Fütterung während der Laktation der wichtigste Faktor. In der Laktation tritt eine katabole Stoffwechsellage ein, kommt es neben der Mobilisation von Körperfett zum Abbau von Muskelmasse, so kann dies eine reduzierte Fruchtbarkeit zur Folge haben (TOUCHETTE et al., 1998). Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf das Absetz-Brunst-Intervall hat, ist der Eberkontakt. Es soll eine Verkürzung des Intervalls erreicht werden, indem schon vor der Brunsterkennung Eberkontakt stattfindet (SAFRANSKI und COX, 2007). Weitere Umweltfaktoren wie beispielsweise Jahreszeit und Alter der Sau zur Abferkelung spielen eine Rolle (BELSTRA et al., 2004; LEITE et al., 2011). In einem Zeitraum von drei (vier) bis sieben (acht) Tagen nach dem Absetzen tritt die Brunst unter natürlichen Bedingungen ein (SOEDE et al., 1994; SCHNURRBUSCH, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007; WÄHNER, 2012, 2014). Durch den Einsatz von Hormonen kann eine Verkürzung des Absetz-Brunstintervalls erreicht werden (BENNETT-STEWART et al., 2008).

4. Biotechnische Steuerung der Fortpflanzung

Der wirtschaftliche Erfolg großer Sauenbetriebe misst sich heute vor allem an der Effizienz. Ein Schwerpunkt im Rahmen des Managements ist die Steuerung der Fruchtbarkeit mit dem Ziel, dass die Brunst bei Sauen einer Gruppe nahezu gleichzeitig eintritt und die Besamung in einem kurzen Zeitraum durchgeführt werden kann (WÄHNER, 2014). Die mit der Fortpflanzung in Verbindung stehenden Vorgänge wie Brunstkontrolle, Besamungen und später die Abferkelungen usw. können so in einem Produktionszyklogramm organisiert werden (SCHNURRBUSCH, 2006). Das Ziel eines Produktionszyklogramms ist periodenweise und planbar in Gruppen abferkelnde Sauen. In ferkelerzeugenden Betrieben kommen zur Umsetzung dieses Ziels verschiedene Methoden zum Einsatz.

4.1. Hormone

Zur Steuerung der Fortpflanzung werden verschiedene natürliche Hormone und die entsprechenden synthetischen Analoga eingesetzt. Die Präparate kommen nach ihrer Wirkung, die denen der körpereigenen Hormone entspricht, zur Stimulation oder Hemmung in bestimmten Phasen des Zyklus zum Einsatz.

Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG)

Das heute überwiegend als eCG bezeichnete PMSG wird im Anschluss an die Zyklusblockade der Jungsaugen zur Stimulation des Follikelwachstums eingesetzt. Dieses Hormon wird in den Endometrial Cups von Stuten gebildet und aus dem Blut der graviden Tiere zwischen dem 50. und 120. Trächtigkeitstag gewonnen (SCHNURRBUSCH, 2006). eCG hat eine FSH- und LH-Wirkung, da seine Struktur der von LH und FSH ähnelt (BÄUMER et al., 2014). Beim Schwein überwiegt die FSH-Wirkung (SCHNURRBUSCH, 2006). Es wird das Wachstum von Primär- und Sekundärfollikeln stimuliert (BÄUMER et al., 2014). Der Einsatz von Gonadotropinen zur Follikelentwicklung wurde unter Einsatz verschiedener Hormonkombinationen und Behandlungsprotokolle von eCG einzeln oder in Kombination mit hCG untersucht (GUTHRIE et al., 1974; HÜHN et al., 1996). Das Intergonan[®] und Pregmagon[®] sind heute im Handel erhältliche Präparate (BÄUMER et al., 2014). Auch werden Kombinationspräparate mit hCG eingesetzt: Fertipig[®], Gestavet[®] und Suigonan[®], deren Anwendung zur Zyklusinduktion und Behandlung von Anöstrie gedacht ist (BÄUMER et al., 2014).

Humanes Choriongonadotropin (hCG)

Zur Ovulationsauslösung werden nach der Zyklusstimulation LH-wirksame Substanzen genutzt (SCHNURRBUSCH, 2006). In der Tiermedizin werden vor allem Gonadotropine extrahypophysären Ursprungs verwendet (BÄUMER et al., 2014). Das sind LH-wirksame Stoffe wie hCG, porcines Luteinisierendes Hormon (pLH) (BENNETT-STEWARD et al., 2007) oder Substanzen wie GnRH und seine Analoga, die die endogene Gonadotropinausschüttung induzieren (SCHNURRBUSCH, 2006; WÄHNER, 2012). In den Chorionzellen der menschlichen Plazenta wird das hCG gebildet, das aus dem Urin von Schwangeren gewonnen wird

(SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; BÄUMER et al., 2014). Da das hCG eine ähnliche Wirkung wie LH hat, wird durch dieses Hormon der endogene LH-Gipfel „ersetzt“ (SCHNURRBUSCH, 2006). GnRH-Analoga induzieren dagegen die endogene Ausschüttung von LH (BRÜSSOW et al., 1996; SCHNURRBUSCH, 2006). In der Folge kommt es zur Follikel- und Oozytenreifung und anschließend zur Ovulation (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Die LH-Konzentrationen beginnen etwa 1-4 Stunden nach der Applikation zu steigen (SCHNURRBUSCH, 2006). Innerhalb der nächsten Stunden tritt der LH-Gipfel auf und in der Folge finden die Ovulationen 36-40 Stunden nach der Injektion statt (SCHNURRBUSCH, 2006). Als reines hCG-Präparat steht das Ovogest[®] zur Verfügung (BÄUMER et al., 2014). Zur Rauscheinduktion bei Jungsauen, sowie bei Sauen nach dem Absetzen der Ferkel, sind das Suigonan[®] und das Fertipig[®] Kombinationspräparate aus hCG mit eCG im Handel erhältlich (BÄUMER et al., 2014; VETIDATA, 2016). Der Einsatz von hCG zur Ovulationsinduktion war über viele Jahre der am häufigsten erfolgreich eingesetzte Wirkstoff (KNOX, 2015). Bedenken hinsichtlich der Gewinnung haben zur Entwicklung von synthetischen Varianten vor allem von GnRH geführt (KNOX, 2015). Zusätzlich wird durch GnRH eine bessere Fruchtbarkeit erreicht (BRÜSSOW et al., 1996; HÜHN et al., 1996).

Gonadotropin-releasing-Hormon (GnRH)

Das wichtigste Neurosekret (Neurohormon) des Hypothalamus für die Steuerung der Fortpflanzung ist das GnRH (FERNALD und WHITE, 1999; MEINECKE, 2015). GnRH ist ein kleines Peptidhormon bestehend aus zehn Aminosäuren (Decapeptid) (AMOSS et al., 1971; MATSUO et al., 1971; SCHALLY et al., 1971; THUN, 2009; MEINECKE, 2015). Die Zellen, die GnRH synthetisieren und freisetzen, liegen überwiegend im Nucleus arcuatus im Hypothalamus (THUN, 2009; MEINECKE, 2015) und entsenden ihre Ausläufer zu den Portalgefäßen der Hypophyse (MEINECKE, 2015), genauer zur Eminentia mediana (SCHNEIDER et al., 2008). Die GnRH-Freisetzung erfolgt pulsatil und wird durch verschiedene exogene und endogene Reize beeinflusst (THUN, 2009; KNOX, 2015). Bei kontinuierlicher Ausschüttung von GnRH würde es zu einer Down-

Regulation der Rezeptoren und zu einer Desensibilisierung der Zielzellen kommen (SCHNEIDER et al., 2006; KNOX, 2015; MEINECKE, 2015). Bei Pferden und Schafen wurde die pulsatile Freisetzung detailliert untersucht. Demnach erfolgt die Ausschüttung in einem Abstand von 60 bis 90 Minuten (SCHNEIDER et al., 2008). Aus der Umwelt eintreffende visuelle, olfaktorische, taktile oder thermische Reize und solche nach physischer und psychischer Stresseinwirkung können durch zentralnervale Signalübermittlung die GnRH-Sekretion und auch das Sexualverhalten stark beeinflussen (THUN, 2009). Damit wird eine Verbindung zwischen Nervensystem und reproduktiven System geschaffen (GORBMAN und SOWER, 2003). Die GnRH-Sekretion ist abhängig von der Dichte der vorhandenen Rezeptoren an den gonadotropen Zellen. Sie wird durch ein fein reguliertes System gesteuert. Einfluss nehmen unterschiedliche Neurotransmitter und Steroidhormone wie unter anderem Inhibin, Activin und das GnRH selbst (SCHNEIDER et al., 2008; MEINECKE, 2015).

In den 1970er Jahren wurde das GnRH zum ersten Mal aus dem Gehirn von Schweinen und Schafen extrahiert (AMOSS et al., 1971; MATSUO et al., 1971). Seitdem wurden mehr als 20 Isoformen des GnRH-Moleküls bei Vertebraten und Invertebraten einschließlich des Menschen entdeckt (GORBMAN und SOWER, 2003; MILLAR et al., 2004). Die Isoformen unterscheiden sich in ihrer Aminosäuresequenz. In Vertebraten wurden bis zu drei Varianten und entsprechende Rezeptoren entdeckt (MILLAR et al., 2004). Das bei den Vertebraten vorkommende GnRH wird nach Funktion, Ort der Expression und molekular phylogenetischer Analyse in vier Typen eingeteilt, wobei das Säuger-GnRH als GnRH I bezeichnet wird (SEALFON et al., 1997; GORBMAN und SOWER, 2003). In der Nutztierhaltung kommen dabei vor allem synthetische, aber auch natürliche GnRH-Varianten zu unterschiedlichen Zwecken zum Einsatz.

Wirkung und Regulation von GnRH

GnRH hat unter anderem auto- und parakrine Funktionen. Seine wesentlichste Bedeutung liegt jedoch in der Stimulation der Synthese, der Speicherung und der Sekretion von LH und FSH (geringer) aus der Adenohypophyse (SCHALLY et al., 1971; MCCANN et al., 1998; MEINECKE, 2015). Die Halbwertszeit von GnRH wird auf einen

Zeitraumen von zwei bis 20 Minuten eingegrenzt (SCHNEIDER et al., 2008; BÄUMER et al., 2014; WÄHNER, 2014; MEINECKE, 2015). Die Aufrechterhaltung des Zyklus hängt daher von einer beständigen GnRH-Sekretion ab (MEINECKE, 2015) und erfolgt pulsatil. Funktion und Regulation wird über Rezeptoren in unterschiedlichen Geweben vermittelt. In einer Studie (WEISS et al., 2006) wurde die Ausprägung der GnRH I-Rezeptoren unter Einfluss vom GnRH-Agonist Triptorelin, von Estradiol sowie von Progesteron untersucht. Durch eine kontinuierliche Gabe von Triptorelin kommt es zu einer Abnahme, durch eine pulsatile zu einer Zunahme der Rezeptorexpression. Das Progesteron alleine hat dabei eine unterstützende Aufgabe und in Kombination mit Estradiol kommt es zu einer Verringerung der Anzahl der Rezeptoren. Dieser Effekt konnte durch eine 30-minütige bzw. drei Stunden andauernde Behandlung mit Triptorelin nicht beeinflusst werden.

Die Freisetzung von GnRH wird durch die beiden Steroidhormone Progesteron und Östrogen über eine lange Rückkopplungsschleife (long feedback loop) gesteuert (MEINECKE, 2015). Das Östrogen wirkt dabei über einen positiven, das Progesteron über einen negativen Feedbackmechanismus (CLARKE und POMPOLO, 2005). Bevor es zur Weiterleitung kommt wird das Steroidhormonsignal, da die GnRH-Neurone keine Östrogenrezeptoren besitzen, in eine Dopamin-, Adrenalin- und Endorphinbotschaft umgeschrieben (MEINECKE, 2015). Progesteron übt ein negatives Feedback auf den Hypothalamus aus. Während der Gelbkörperphase ist Progesteron im Blut erhöht. In diesem Zeitraum ist die Expression der Rezeptorgene und damit die Anzahl der Rezeptoren reduziert (TURZILLO et al., 1998). Daher ist eine Reduktion der Pulsfrequenz und der basalen GnRH-Freisetzung zu beobachten (MEINECKE, 2015). Die niedrige Sekretionsrate ist für die Follikelentwicklung während der Gelbkörperphase verantwortlich (MEINECKE, 2015). Es wird vermutet, dass Progesteron einen direkten und indirekten Einfluss auf die Ansprechbarkeit der Hypophyse auf GnRH hat (NETT et al., 2002). Östrogen ist für die Sensibilisierung der gonadotropen Zellen durch GnRH im HVL entscheidend, da durch die ansteigenden Konzentrationen von Östrogen letztlich die Ovulation ausgelöst wird (MEINECKE, 2015). In der frühen Follikelphase wird im

HVL eine ausreichende Menge an FSH sezerniert, um die steigende Östrogensynthese mehrerer Follikel zu unterstützen (MEINECKE, 2015). Im Laufe des zunehmenden Follikelwachstums ändert sich dieser Einfluss, denn durch die wachsenden Follikel werden zunehmende Mengen von Östrogen und Inhibin produziert (MEINECKE, 2015). In der späten Follikelphase üben diese Botenstoffe ein negatives Feedback auf die FSH-Freisetzung aus und es wird bei der präovulatorischen Gonadotropinfreisetzung dann vor allem LH sezerniert (MEINECKE, 2015). Durch präovulatorische LH-Ausschüttung wird schließlich die Ovulation ausgelöst (MEINECKE, 2015).

Die Hauptaufgabe von GnRH ist die Steuerung von FSH und LH. Untersuchungen aus der Humanmedizin (GRÜNDKER et al., 2002; RAMAKRISHNAPPA et al., 2005) und Tiermedizin (SCHNEIDER et al., 2006) belegen, dass GnRH auch auto- und parakrine Funktionen in peripher reproduktiven Organen wie Milchdrüse, Ovar und Plazenta besitzt (SCHNEIDER et al., 2006). Eine weitere Form des GnRH, GnRH-II, wird vor allem außerhalb des Gehirns beispielsweise in der Prostata und Niere gebildet (WHITE et al., 1998). Nach MILLAR (2003) ist das GnRH vor allem als Neurotransmitter am Sexualverhalten beteiligt und hat eine Funktion als Neuromodulator im zentralen Nervensystem.

Das Einwirken auf das Sexualverhalten und die Steuerung der peripheren Reproduktionsorgane wie Ovar, Uterus bzw. Hoden und neuromodulatorische Funktionen im zentralen und peripheren Nervensystem sind weitere Aufgaben, die GnRH erfüllt (MILLAR et al., 2004; SCHNEIDER et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2008).

Das GnRH und seine Analoga werden hauptsächlich im Rahmen von „Pro-Fertility“-Methoden angewandt (SCHNEIDER et al., 2006). Als Einsatzgebiete werden vor allem die Ovulationsinduktion, die Therapie der ovariellen Dysfunktion beispielsweise von Follikelzysten, die Verbesserung der Trächtigkeitsrate oder die Prävention der Embryomortalität und Embryotransfer (SCHNEIDER et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2008) genannt.

Einsatz zur Zyklussteuerung bei anderen Tierarten

Die Aminosäuren des GnRH-Peptids zeigen bei den verschiedenen Spezies dieselbe Anordnung (MATSUO et al., 1971; BURGUS et al., 1972). Das Schwein unterscheidet sich vom Rind dahingehend, dass beim Rind das Follikelwachstum bis zum Ovulationszeitpunkt durch FSH kontrolliert wird (KIRKWOOD et al., 2012). Im Gegensatz dazu wird dies beim Schwein durch LH gesteuert (KIRKWOOD et al., 2012).

Beim Rind wird GnRH für Indikationen eingesetzt, wie zum Beispiel die Behandlung von Follikel-Theka-Zysten, die Ovulationssteuerung bei der künstlichen Besamung sowie bei verzögerter Ovulation (BÄUMER et al., 2014). Die Behandlung von Zysten beim Rind wurde in verschiedenen Studien untersucht (KITOK et al., 1973; THATCHER et al., 1993; BARTOLOME et al., 2005). Die Ovarialzysten werden in zwei Formen unterschieden: Follikel-Theka- und Follikel-Lutein-Zysten. Der zu Grunde liegende Mechanismus der Entstehung von Zysten ist das Fehlen des LH-Peaks in dessen Folge die Ovulation ausbleibt (WILTBANK et al., 2002). Die Follikel-Theka-Zysten entstehen durch einen vollständig fehlende Abgabe von LH ins Blut (GRUNERT, 1999). Ein fehlerhafter Östrogen-Rückkopplungsmechanismus ist die Ursache für die ausbleibende Sekretion (VANHOLDER et al., 2006). Therapeutisch kommen hCG oder GnRH zum Einsatz, die eine Luteinisierung der Zystenwand (KESLER et al., 1981; KESLER und GARVERICK, 1982; PRASSE, 2007) mit einer anschließenden Luteolyse (PETER, 2004) bewirken. Die Follikel-Lutein-Zysten entstehen durch eine verminderte oder vorzeitige Sekretion von LH aus der Hypophyse (GRUNERT, 1999). Bei dieser Art von Zysten handelt es sich wahrscheinlich um luteinisierte Follikel-Theka-Zysten, die Progesteron sezernieren (GARVERICK, 1997). Eine erfolgreiche Behandlung kann mit Prostaglandin F₂alpha (PGF₂α) und seinen Analoga durchgeführt werden (SPRECHER et al., 1990).

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für GnRH ist die Ovulationsinduktion. Ziel der Ovulationsinduktion ist es, durch eine terminierte Injektion von GnRH, die für die endgültige Ausreifung und anschließende Ovulation verfügbare Menge an LH zu erhöhen (SCHNEIDER et al., 2008). Zu diesem Zweck kommen beim Rind verschiedene Programme, mit dem Ziel der Ovulationssynchronisation und

terminorientierter Besamung, zum Einsatz. Beim OvSynch-Programm werden die Tiere mit GnRH behandelt, sieben Tage später erfolgt eine PGF₂ α -Injektion, an die sich eine zweite GnRH-Injektion im Abstand von 48 Stunden anschließt (PURSLEY et al., 1995). Anschließend erfolgt eine einmalige (terminorientierte) künstliche Besamung. Ultrasonographisch wurde beobachtet, dass die Ovulation 24 bis 32 Stunden nach der zweiten GnRH-Gabe stattfindet (PURSLEY et al., 1995). Die besten Trächtigkeitsergebnisse werden nach acht bzw. zwölf bis 16 bzw. 24 Stunden Besamung nach GnRH erreicht (PURSLEY et al., 1998; SCHNEIDER et al., 2008).

Bei einer verzögerten Ovulation wird im Rahmen der künstlichen Besamung sechs bis acht Stunden vor beziehungsweise zur Besamung ein GnRH injiziert (SCHNEIDER et al., 2008). Weitere Einsatzmöglichkeiten ist die Induktion der Ovarien im Puerperium und die Behandlung von anöstrischen Tieren bzw. Rindern (SCHNEIDER et al., 2008).

Die Steuerung der Ovulation ist auch beim Pferd eine häufige Praxis, vor allem um den Erfolg einer Besamung zu erhöhen, um das Risiko einer besamungs-induzierten Endometritis zu reduzieren und um durch Induktion einer Superovulation Embryonen für einen Embryonentransfer zu gewinnen. Zur Zyklussteuerung beim Pferd stehen hCG-Präparate und ein Deslorelin-Implantat zur Verfügung (SCHNEIDER et al., 2008; CAMPBELL, 2012). Das zugelassene GnRH-Analogen Buserelin (Receptal[®]) eignet sich nur bedingt zur Ovulationsinduktion beim Pferd, da es nur eine kurze Wirkdauer aufweist und daher eine wiederholte Injektion notwendig ist (CAMPBELL, 2012). Nach Untersuchungen von SCHNEIDER et al. (2008) konnten durch zweimal tägliche Injektionen, verabreicht über einen Zeitraum von maximal 28 Tage, der Östrus ausgelöst werden. Eine weitere Möglichkeit ist eine Injektion während der Rosse im Abstand von zwölf Stunden um den Eisprung auszulösen (SCHNEIDER et al., 2008).

GnRH-Analoga

In der Fortpflanzungssteuerung kommen heute vor allem synthetische GnRH-Agonisten zum Einsatz, da diese durch einen gezielten Ersatz von

Aminosäuren eine längere und stärkere Wirkung als das natürliche GnRH haben (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHNEIDER et al., 2008). Das natürliche GnRH hat nach intramuskulärer Applikation nur eine Wirkdauer von 30-60 min (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). Es wird kein ausreichend hoher LH-Gipfel erreicht und die Ovulation wird nicht zuverlässig ausgelöst (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). Synthetisches GnRH löst die Ovulation zuverlässig aus (BAKER et al., 1973). Bei der Entwicklung von Analoga wurde auf Verbesserung der Rezeptorbindungsfähigkeit und anschließender Aktivierung geachtet (SCHNEIDER et al., 2006). Ein weiterer Entwicklungsschritt ist die verbesserte Resistenz gegen den Abbau durch Peptidasen (SCHNEIDER et al., 2006; VETIDATA, 2016). Diese Entwicklung findet im Rahmen des biotechnischen Verfahrens der Ovulationssynchronisation seine Anwendung. GnRH wird heute vor allem in Form seiner synthetischen Analoga eingesetzt, da die Halbwertszeit der natürlichen Wirkstoffe sehr kurz ist. Der Einsatz von Synthetika wie zum Beispiel Peforelin (Maprelin[®]) (BRÜSSOW et al., 2010; DE JONG et al., 2013b), Gonadorelin (6-D-Phe) (Gonavet Veyx[®]) (BRÜSSOW et al., 1996) und Triptorelin (STEWART et al., 2010; KNOX et al., 2014) wurde in den letzten Jahren in verschiedenen Studien in unterschiedlicher Konstellation untersucht (BAKER et al., 1973; BRÜSSOW et al., 2010). Buserelin wurde bereits in den 80iger Jahren intensiv untersucht (VON KAUFMANN und HOLTZ, 1982). Buserelin ist ein synthetisch hergestelltes Nonapeptid und hat eine bis zu 100-fach stärkere Wirkung als das natürliche GnRH (MÖLLER-HOLTKAMP et al., 1995; BÄUMER et al., 2014). Buserelin verlängert den Zeitraum der Gonadotropinausschüttung (KOITER et al., 1984; BÄUMER et al., 2014). Im Einsatz zur Zyklussteuerung wurde das GnRH-Analogon in verschiedenen Studien untersucht (MÖLLER-HOLTKAMP et al., 1995; MARTINAT-BOTTE et al., 2010; SOEDE et al., 2012; SWARTS et al., 2012a; SWARTS et al., 2012b; DRIANCOURT et al., 2013; KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014). Die Ovulation tritt 24-44 Stunden nach der Injektion von Buserelin auf (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; SOEDE et al., 2012; COLLELL, 2013; DRIANCOURT et al., 2013). Wird die Besamung 30-33 Stunden nach Buserelin-Injektion durchgeführt, wird eine Verkürzung des Besamungs-Ovulations-Intervalls erreicht (COLLELL,

2013). Diese Maßnahme hat eine Verbesserung der Befruchtungsrate von über 80% zur Folge (COLLELL, 2013). Vergleicht man die Studien bezüglich der Effektivität von Buserelin untereinander, so kann geschlussfolgert werden, dass Buserelin zuverlässig die Ovulation induziert (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014). In der Folge zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Embryonen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe (SOEDE et al., 2012; DRIANCOURT et al., 2013). Bei einigen Tieren wird jedoch eine dosisabhängige Entstehung von Zysten beobachtet (SOEDE et al., 2012; DRIANCOURT et al., 2013). Diese Beobachtung wurde vor allem bei Jungsauen gemacht (SOEDE et al., 2012). Die Ovulationen treten in einem engeren Zeitfenster von 24-48 Stunden nach der Applikation von Buserelin ein, wodurch die Möglichkeit einer einmaligen KB entsteht (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014). Parameter wie beispielsweise die Abferkelrate, Ovulationsrate oder Anzahl der Embryonen zeigen keinen Unterschied in Gruppen mit Buserelin-Behandlung zu einer Kontrollgruppe (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; DRIANCOURT et al., 2013). Eine deutliche Abhängigkeit von der Wurfnummer kann jedoch beobachtet werden. Bei Altsauen werden die Ovulationen bei bis zu 100% der Tiere in dem oben beschriebenen Zeitfenster ausgelöst (SOEDE et al., 2012; DRIANCOURT et al., 2013). Die Ovulationsrate ist bei Jungsauen deutlich niedriger (SOEDE et al., 2012; DRIANCOURT et al., 2013). Verschiedene Autoren bewerteten die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Buserelin zur Zyklussteuerung und es wird durch die Synchronisation eine Reduktion der unproduktiven Tage von 7,4 auf 5,5, eine Reduzierung von Arbeitskraft um nahezu 10% und der reduzierte Einsatz an Spermaportionen (von 2,5 auf eine Portion) erreicht (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; COLLELL, 2013; KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014).

4.2. Synchronisationsverfahren

Die Verfahren zur Synchronisation der Zyklen von Alt- und Jungsauen haben in den letzten Jahren in der Schweineproduktion zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dieser Fortschritt ist unter anderem auf die Entwicklung oben genannter Steuersubstanzen zurückzuführen. Die

Verfahren wurden in den letzten Jahrzehnten in ihrem Einsatz weiterentwickelt und optimiert. Das Ziel ist es, in Gruppen abferkelnde Sauen zu haben, um dem Markt einheitliche Partien von Ferkeln bereitstellen zu können.

4.2.1. Brunstsynchronisation

Das Ziel einer Brunstsynchronisation ist die Gleichschaltung der bei den einzelnen Jungsau einer Gruppe zu unterschiedlichen Zeiten ablaufenden Zyklen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHNURRBUSCH, 2006). Voraussetzung dafür ist, dass die Jungsau mindestens einen natürlichen Zyklus durchlaufen haben. Die Jungsau zeigen im Vorfeld häufig vorzyklische Erscheinungen wie eine leichte Rötung und Schwellung der Vulva (SCHNURRBUSCH, 2006). Diese brunstähnlichen Symptome treten vor allem nach stimulierenden Maßnahmen wie dem Transport auf (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Brunstsynchronisation ermöglicht, die Jungsau den Besamungsgruppen der Altsau zeitlich genau zuzuordnen und die für die Remontierung nötige Anzahl von Jungsau rechtzeitig zur Verfügung zu stellen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). Das biotechnische Verfahren der Brunstsynchronisation umfasst drei Behandlungsschritte: die Zyklusblockade zur Gleichschaltung der Sexualzyklen der Jungsau, die Stimulation des Follikelwachstums nach dem Ende der Zyklusblockade und die duldsorientierte Besamung (SCHNURRBUSCH, 2006). Zur Zyklusblockade kommt die oral wirksame progestagene Substanz Altrenogest=Allyl-Trenbolon (Regumate[®]) zum Einsatz (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHNURRBUSCH, 2006; WÄHNER, 2014). Durch die Gabe von Altrenogest wird die Bildung neuer Follikel bis zur spontanen Regression der Gelbkörper bei allen Sau einer Gruppe verhindert (PLONAIT, 2004). Altrenogest übt wie das natürliche Progesteron einen negativen Feedback auf die FSH- und LH-Sekretion aus (SCHNURRBUSCH, 2006; WÄHNER, 2014). Die Gelbkörperregression beginnt am Zyklustag 13 und dauert mindestens zwei bis drei Tage, deshalb ist die kürzest mögliche Verabreichungsdauer 15 Tage (SCHNURRBUSCH, 2006). Altrenogest wird meist über einen

Zeitraum von 15-18 Tagen in einer Dosierung von 20mg/Tier oral verabreicht (WÄHNER, 2012).

Brunstsynchronisation bei Jungsauen

Nach der letzten Altrenogestgabe erhalten die Jungsauen 40-48 Stunden später eine eCG-Injektion (WÄHNER, 2012). Die Dosis beträgt 750-800 IE (SCHNURRBUSCH, 2006). Die so synchronisierten Östren konzentrieren sich zu 85-90% auf den vierten bis sechsten Tag nach der Injektion (WÄHNER, 2012) und in diesem Zeitraum sollte unbedingt eine intensive Brunstkontrolle durchgeführt werden (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Besamungen erfolgen duldsorientiert, wenn die Jungsauen in die Brunst kommen (SCHNURRBUSCH, 2006). Die erste künstliche Besamung erfolgt acht bis zwölf Stunden nach Feststellung des Duldungsreflexes und die zweite KB spätestens 16 Stunden nach der ersten (WÄHNER, 2012).

Brunstsynchronisation bei Altsauen

Für den nahezu gleichzeitigen Brunsteintritt ist bei Altsauen das parallele Absetzen der Ferkel am Ende der Säugezeit das entscheidende Ereignis (WÄHNER, 2012). Die Altsauen kommen spätestens fünf bis sieben Tage nach dem Absetzen auf natürliche Weise in die Brunst. Der hohe Blutprolaktinspiegel während der Laktation verursacht eine Azyklie (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHNURRBUSCH, 2006). Zur Verkürzung des Absetz-Brunst-Intervalls wird in einigen Betrieben bei Altsauen die Brunst synchronisiert (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Altsauen erhalten exakt 24 Stunden nach dem Absetzen der Ferkel in Abhängigkeit von ihrer Wurfnummer 800 bis 1000 Internationale Einheiten (IE) eCG (WÄHNER, 2012). Tiere nach dem ersten Wurf erhalten 1000 IE eCG und ab dem dritten Wurf sind 750-800 IE ausreichend (SCHNURRBUSCH, 2006). Im Anschluss wird circa 88 Stunden später zweimal im Abstand von 12-16 Stunden duldsorientiert besamt (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine dritte künstliche Besamung sollte dann durchgeführt werden, wenn die Brunst länger als 48 Stunden anhält (SCHNURRBUSCH, 2006).

4.2.2. Ovulationssynchronisation

Das Verfahren der Brunstsynchronisation wurde später dahingehend weiterentwickelt, dass innerhalb der synchronen Brunst auch die Ovulationen induziert werden und damit die Besamungen alle zur gleichen Zeit durchgeführt werden können (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). Die Besamung lässt sich so terminieren, dass die Inseminationen innerhalb einer gesamten Sauengruppe nur noch an zwei Tagen und zu genau festgelegten Zeiten durchgeführt wird (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). Großflächige Anwendung der Ovulationssynchronisation mit terminorientierter Insemination (TOI) entwickelte sich in Ostdeutschland in den 80iger Jahren, um den Ansprüchen größer werdender Betriebe, weniger Arbeitskräfte und Verbesserung von Produktionsabläufen gerecht zu werden (HÜHN et al., 1996). Dieser Fortschritt ermöglicht eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes für die Brunstkontrolle, die Organisation der Spermabestellung und der Besamung (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a).

Ovulationssynchronisation bei Jungsauen

Der Gabe von Altrenogest über 18 Tage und der Injektion von eCG schließt sich eine ovulationsauslösende Injektion an (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Ovulation wird durch ein hCG oder ein GnRH-Analogen ausgelöst (SCHNURRBUSCH, 2006). In der Praxis kommen vor allem GnRH-Analoga, aber beispielsweise auch porcines LH (pLH) (BENNETT-STEWART et al., 2008) zum Einsatz. Der Abstand zwischen der Injektion von eCG und GnRH bzw. hCG beträgt bei Jungsauen 72 bis 80 Stunden (BRÜSSOW et al., 1996; SCHNURRBUSCH, 2006; WÄHNER, 2012). Anschließend erfolgen zwei terminorientierte Besamungen. Die erste KB soll 24 Stunden nach GnRH-Gabe und die zweite spätestens 40 Stunden (bzw. 42 Stunden) danach abgeschlossen sein (SCHNURRBUSCH, 2006; WÄHNER, 2012). In der Praxis ist es in vielen Betrieben zum Standard geworden, dass in Abhängigkeit von der Dauer der Rausche frührauschige Sauen bis zu dreimal besamt werden (SCHNURRBUSCH, 2006).

Ovulationssynchronisation bei Altsauen

Bei der Ovulationssynchronisation der Altsauen schließt sich an die Brunstsynchronisation eine Auslösung der Ovulation an (SCHNURRBUSCH, 2006). Der Ovulationsinduktion schließt sich eine terminorientierte Besamung an (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Tiere erhalten wie bei der Brunstsynchronisation auch im Abstand von 24 Stunden nach dem Absetzen eCG (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Dosis von eCG ist dieselbe Dosis wie bei der Stimulation der Brunst. Der Abstand zwischen der eCG- und der hCG/GnRH-Injektion ist genau einzuhalten und richtet sich nach der Dauer der Säugezeit. Beträgt die Säugezeit vier Wochen, dann sollte das Intervall 72 Stunden nicht überschreiten (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine Verlängerung des Abstandes auf 78-80 Stunden erfolgt dann, wenn die Säugezeit nur 21 Tage dauert (SCHNURRBUSCH, 2006). Die erste Besamung wird nach 24 Stunden, die zweite Besamung 16 Stunden nach der ersten Besamung durchgeführt (SCHNURRBUSCH, 2006).

5. Künstliche Besamung beim Schwein

Die künstliche Besamung wird in der Schweineproduktion intensiv genutzt und spielt eine zentrale Rolle im Fortschritt der globalen Schweineproduktion (ROCA et al., 2011). Sie ist ein weiterer wichtiger Faktor für den Wunsch nach konzentrierten Abferkelzeiten als Voraussetzung für gezielte Managementmaßnahmen in der Ferkelerzeugung (WAßMUTH und PABST, 2011). Der Zeitpunkt der Spermapositionierung bezogen auf die Ovulation ist eine der größten Variablen, die den Erfolg einer künstlichen Besamung (KB) am meisten beeinflussen (ROCA et al., 2011). Im Jahr 1990 lag die Anzahl der künstlichen Besamungen (in den alten Bundesländern) bei 25% (HEINZE, 2005). Laut Statistik des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion e. V. (ZDS) lag der Anteil an Würfen in Deutschland aus der KB 1992 bei lediglich 38% (WÄHNER und HOY, 2009b). Dieser Anteil hat sich bis in die Jahre 2005/2006 auf nahezu 90% (WABERSKI und WEITZE, 2007; WÄHNER und HOY, 2009b) erhöht. Der Anteil der

Eigenbestandsbesamungen lag dabei bei 98,6% (WABERSKI und WEITZE, 2007; WAßMUTH und PABST, 2011).

5.1. Besamungszeitpunkt

Der Zeitpunkt der Besamung wird entweder duldungsorientiert, das heißt in Abhängigkeit von den beobachteten Brunstsymptomen oder bei Anwendung der Ovulationssynchronisation terminorientiert festgelegt (SCHNURRBUSCH, 2007). Beim Schwein reifen in jedem Zyklus etwa zehn bis 15 (20) Follikel und ovulieren im Laufe der Hauptbrunst (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHELLANDER, 2005). Die Befruchtungsfähigkeit der ovulierten Oozysten bleibt nur für einen Zeitraum von etwa vier bis acht Stunden erhalten (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a; SCHELLANDER, 2005; SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNURRBUSCH, 2007) und durch falsche Besamungszeitpunkte kann es dann zu niedrigeren Befruchtungsraten kommen (PALZER, 2016). Zum Zeitpunkt der Ovulation müssen deshalb befruchtungsfähige (kapazitierte) Spermien im Ovidukt, dem Ort der Befruchtung, vorhanden sein (SCHNURRBUSCH, 2007; WÄHNER und HOY, 2009b). Ihre größte Befruchtungsfähigkeit erreichen die inseminierten Spermien nach sechs Stunden im weiblichen Genitaltrakt und die Fähigkeit zur Befruchtung bleibt zehn bis zwölf bzw. bis zu 18 Stunden nach Insemination erhalten (SCHELLANDER, 2005; SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNURRBUSCH, 2007). Der Grund hierfür ist, dass Spermien ihre Befruchtungsfähigkeit erst nach der Kapazitation erlangen, die nach einer Aufenthaltsdauer von circa zwei bzw. vier Stunden im Genitaltrakt erreicht wird (SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNURRBUSCH, 2007). Das primäre Ziel jeder KB-Strategie ist die Gewährleistung des Vorhandenseins einer ausreichenden Spermienzahl im Eileiter zum Zeitpunkt der Ovulation (ROCA et al., 2011). Maximale Befruchtungsergebnisse werden erreicht, wenn zwölf bzw. 24 Stunden vor bis vier Stunden nach den Ovulationen besamt wird (NISSEN et al., 1997; SCHELLANDER, 2005; SAFRANSKI und COX, 2007). Der Abstand zwischen Besamung und Ovulation sollte weniger als acht Stunden betragen (COLLELL, 2013). Die postovulatorische und im späten Östrus bzw. Metöstrus durchgeführte Insemination ist mit geringerer Fruchtbarkeit

verbunden (KIRKWOOD et al., 2012) und führt zu niedrigen Abferkelraten und kleineren Würfen (ROZEBOOM et al., 1997).

5.2. Besamungshäufigkeit

Die optimale Besamungshäufigkeit ist unter anderem vom Eintritt der Rausche abhängig. Sauen, die unmittelbar (drei bis vier Tage) nach dem Absetzen der Ferkel mit einer Rausche reagieren, weisen meist eine über drei Tage sich hinziehende Östrusperiode auf. Diese Tiere werden als frührauschig bezeichnet. Sauen, die später post lactationem in die Brunst kommen, haben in der Mehrzahl eine enger terminierte Rauschezeit (BOSTEDT, 2009). Die Tiere rauschen meist kürzer und werden als spätrauschig bezeichnet. Die Ovulationen finden vor allem im letzten Drittel der Rausche statt (SOEDE und KEMP, 1997). Eine genaue Vorhersage, wann die Ovulationen tatsächlich stattfinden ist nicht möglich, deshalb orientiert man sich an der Beziehung zwischen Absetz-Brunst-Intervall und der Östrusdauer (SAFRANSKI und COX, 2007). Sauen mit einem kurzen WEI (=Weaning-to-Estrus)-Intervall tendieren zu einem länger dauernden Östrus als Tiere mit einem längeren WEI-Intervall (SAFRANSKI und COX, 2007). Tiere, die zu einem längeren Absetz-Östrus-Intervall tendieren, zeigen eine deutliche Verkürzung der Östrusdauer (LAU et al., 2010). Aus diesen Erfahrungen resultieren die angewandten Besamungsschemen.

Um alle ovulierten Oozyten mit Spermien zu erreichen, sollten Sauen zweimal besamt werden (SCHELLANDER, 2005; SCHNURRBUSCH, 2007). In den meisten Betrieben hat sich jedoch die Praxis etabliert, die Sauen routinemäßig dreimal zu besamen, vor allem, wenn die Brunst sehr lange dauert (SCHNURRBUSCH, 2007).

Das bei der dulldungsorientierten Besamung angewendete Schema beginnt mit der ersten Besamung 24 Stunden nach der erstmaligen Feststellung des Duldungsreflexes (SCHNURRBUSCH, 2007). Die zweite Besamung erfolgt zwölf bis 18 Stunden später (SCHNURRBUSCH, 2007). Die dritte Besamung sollte nicht später als der Östrus stattfinden (ROZEBOOM et al., 1997). Das bedeutet, wenn der Duldungsreflex länger als 48 Stunden anhält und die Sau 24 Stunden nach der letzten Besamung noch duldet, schließt sich eine dritte KB an

(SCHNURRBUSCH, 2007). Bei langrauschenden Sauen sollte die Besamung später erfolgen (SCHNURRBUSCH, 2007). Bei „Spätrauschern“ sollte die Besamung zeitnah mit Auftreten des Duldungsreflexes stattfinden (SCHNURRBUSCH, 2007).

Im Rahmen der Ovulationssynchronisation wird erwartet, dass die Ovulationen 36-40h nach Verabreichung der ovulationsauslösenden Substanz erfolgen (SCHNURRBUSCH, 2007). Deshalb wird die erste KB 24 Stunden später und die zweite Besamung zwölf bis 16 Stunden anschließend an die erste durchgeführt (SCHNURRBUSCH, 2007).

Ein zukunftsorientiertes Ziel ist die Ovulationsinduktion mit nur einer künstlichen Besamung (KNOX, 2015). Untersuchungen deuten darauf hin, dass es keine Unterschiede zwischen einer einfachen und einer doppelten Besamung gibt (KNOX et al., 2014). Eine Studie von DRIANCOURT et al. (2013) zeigte, dass Abferkelrate und Wurfgröße vergleichbar mit der Kontrollgruppe waren.

5.3. Einflussfaktoren auf den Besamungserfolg

Verschiedenste Faktoren haben Einfluss auf den Erfolg einer künstlichen Besamung. Es spielen Faktoren rund um das Sperma eine wichtige Rolle. Umweltfaktoren wie beispielsweise Licht, Haltung und Management haben ebenso Einfluss auf den Besamungserfolg.

5.3.1. Sperma

Spermaqualität

Der Einsatz eines Ejakulats zur künstlichen Besamung ist von Mindestanforderungen abhängig (LEIDING, 2005). Die Spermaqualität beinhaltet als Parameter die Summe von Einzelkriterien des Spermas, die für die Befruchtungsfähigkeit des Eberspermas aussagekräftig sind. Diese Parameter werden in makroskopische und mikroskopische Kriterien unterschieden. Zu den makroskopischen Kriterien gehören das Volumen des Ejakulates nach Filtration, der Geruch, die Farbe und die Konsistenz (WÄHNER und HOY, 2009c). Mikroskopische Kriterien sind die Spermienkonzentration, die Motilität und die Morphologie der Spermien (WÄHNER und HOY, 2009c). Als Standardwerte für das Sperma wird sich an den Mindestanforderungen gemäß den Gewächschftsbestimmungen des ZDS orientiert (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Standardwerte für die makroskopische Beurteilung von Sperma

Merkmal	Soll
Farbe	grauweiß, weiß, gelbweiß
Geruch	neutral
Konsistenz	molzig bis milchig
Beimengungen (Blut, Eiter, Harn)	keine
Verschmutzungen (Haare, Kot, Einstreu)	keine
Ejakulatvolumen (ml)	>100
Spermienkonzentration ($10^6/\mu\text{l}$)	>150
Spermienmotilität nativ (%)	>70
Spermienmotilität verdünnt (%)	65 (nach 72h Konservierung)
Morphologische Anomalien (%)	<25
Weiterverarbeitung	Vorliegen der geforderten Qualität

Spermalagerung

Beim Schwein wird überwiegend (>99%) mit Frischsamen gearbeitet (LEIDING, 2005; SCHELLANDER, 2005). Der Grund hierfür ist die geringe Effizienz der Tiefgefrierkonservierung von Ebersperma, bedingt durch die ausgeprägte Kälteschocksensibilität von Eberspermien (JOHNSON et al., 2000; WABERSKI und WEITZE, 2007). Der Einsatz von Frischsperma beeinträchtigt jedoch die Lagerdauer, da mit zunehmender Länge die Befruchtungsfähigkeit sinkt (WABERSKI und WEITZE, 2007). Praktisch gesehen kann ein Abfall der Befruchtungsfähigkeit während der Lagerung nicht verhindert werden. Die Alterung der Spermien während der In-vitro-Lagerung und nach der Insemination (WEITZE und PETRUNKINA, 2007) ist bis zu einem gewissen Grad, trotz des Einsatzes von Verdünnern nicht aufzuhalten. Die flüssigkonservierten Spermaportionen müssen bei einer konstanten Temperatur von 16 bis 18°C bei Dunkelheit gelagert werden (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; WABERSKI und WEITZE, 2007; WÄHNER und HOY, 2009c). Dieser Temperaturbereich muss während des Transportes und bei Aufbewahrung im landwirtschaftlichen Betrieb eingehalten werden (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Die Lagerung erfolgt in entsprechend temperierten Thermoboxen und Kühlschränken. Die maximale Lagerdauer, nach Hinzufügen einer Verdünnersubstanz, beträgt dabei drei Tage (WABERSKI und WEITZE, 2007).

Kurz- und Langzeitverdünner

Um die Lagerfähigkeit und damit die Qualität des Spermas zu erhalten werden verschiedene Verdünnermedien verwendet. Diese Medien müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllen wie eine pH-Stabilität und eine gute Pufferfähigkeit (JOHNSON et al., 2000). Ebenso müssen diese Verdünner stoffwechselbeeinflussende Substanzen wie z.B. EDTA und Antibiotika enthalten (JOHNSON et al., 2000). Für die Flüssigkonservierung werden vor allem Glucose-Natriumcitrat-Medien in verschiedenen Varianten verwendet (STÄHR et al., 2009). Kurzzeitverdünner ermöglichen eine Konservierung bis zu vier Tagen (LEIDING, 2005). Zur Verbesserung der Überlebensraten der konservierten Spermien, und damit einer Verlängerung der Lagermöglichkeit, werden verschiedene Verdünnerzusätze wie beispielsweise bovines Serumalbumin (BSA), HEPES-Puffer oder Antioxidantien eingesetzt (WABERSKI und WEITZE, 2007; STÄHR et al., 2009). Der Einsatz von Langzeitverdünner ermöglicht eine Konservierung von bis zu sieben Tagen (LEIDING, 2005). So kann die Lagerfähigkeit mit dem Zusatz BSA auf bis zu fünf Tage erhöht werden (JOHNSON et al., 2000). Der Erfolg einer Konservierung hängt zusätzlich von der individuellen Ebereigenschaft zur Lagerungsfähigkeit des Spermas ab (WABERSKI und WEITZE, 2007).

Spermamenge

Eine Spermaportion hat üblicherweise ein Volumen von 80 bis 100ml und enthält 1,5 bis 2,5 bzw. 3×10^9 Spermien (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b; HÜHN et al., 1996; WABERSKI und WEITZE, 2007; WÄHNER und HOY, 2009c; WÄHNER, 2012). Die Gewärtschaftsbestimmungen des ZDS e.V. von 2005 verlangen als Mindestanforderung für die Spermaqualität von Besamungsebern, dass mindestens 70% der Spermien beweglich sein müssen (WABERSKI und WEITZE, 2007). Nach 72-stündiger Konservierung müssen noch 65% der Spermien motil sein (WABERSKI und WEITZE, 2007). Nach WÄHNER (2012) reichen mindestens 50% vorwärtsbewegliche Spermien aus, davon dürfen maximal 20% morphologische Anomalien aufweisen.

Das Ziel aktueller Forschung ist die Besamung mit einer geringeren Spermienzahl pro Portion. Je weiter die Anzahl der Spermien pro Portion

reduziert werden kann, umso besser ist die Wirtschaftlichkeit (LEIDING, 2005). Verschiedene Methoden zur Umsetzung sind die intrauterine (PELLAND et al., 2008) und die tiefe intrauterine Besamung (WATSON und BEHAN, 2002; MEZALIRA et al., 2005; WONGTAWAN et al., 2006). Neueste Untersuchungen sehen darin allerdings, vor allem bei der intrauterinen KB, Probleme auf immunologischer und endokrinologischer Ebene in der Interaktion zwischen Spermien und Uterus (RATH et al., 2016).

5.3.2. Uterus

Uterusmotorik

Die Uterusmotorik ist ein wichtiger Faktor, der Einfluss auf den Besamungserfolg hat. Der Auslöser der Kontraktionen ist das Oxytocin. Voraussetzung für die Wirkung von Oxytocin, ist eine östrogen-abhängige Erhöhung der Ansprechbarkeit des Myometriums auf das Oxytocin (SCHNURBUSCH, 2006). Die Ansprechbarkeit ist von der Sensitivität des Gewebes für die Hormone abhängig (LANGENDIJK et al., 2005). So wird durch das Östrogen die Rezeptorausbildung erhöht und durch Progesteron herunterreguliert (LANGENDIJK et al., 2005). Der Spermientransport im weiblichen Genitaltrakt erfolgt größtenteils durch peristaltische Bewegungen der Gebärmutterhörner, aufgrund dessen besteht ein Zusammenhang zwischen Uterusmotorik, Intensität der Spermienaufnahme (=Ansaugaktivität) und Besamungsergebnis (HÜHN und KAULFUSS, 2004). Anhand verschiedener invasiver und nicht invasiver Methoden wurde die Uterusaktivität im Östrus untersucht. Zur Anwendung von invasiven Methoden bediente man sich des Einsatzes von Dehnungsmessgeräten und der Anbringung von Elektroden zur Messung von elektromyographischer Aktivität (ZEROBIN und SPORRI, 1972; SCHEERBOOM et al., 1987; CLAUS et al., 1989). Im Gegensatz dazu gab es nur wenige Untersuchungen, bei denen nicht invasive Methoden zum Einsatz kamen. In einer Arbeit wurde der intraluminale uterine Druck bestimmt, indem ein flüssigkeitsgefüllter Ballon in das zervikale Ende des Uterus eingelegt wurde (VON DÖCKE und WORCH, 1963). LANGENDIJK et al. (2002b) funktionierten ein Gerät, entwickelt für den nicht chirurgischen Embryotransfer (HAZELEGER und KEMP, 1994) um. Mit diesem Gerät ist es möglich, die Zervix zu passieren und einen

offenen, flüssigkeitsgefüllten Katheter in das kaudale Ende der Uterushörner einzuführen, um den intraluminalen Druck zu messen (LANGENDIJK et al., 2002b). Im Bezug auf Frequenz und Amplitude der Kontraktionen ist die myometriale Aktivität zwei bis vier Tage vor dem Östrus niedrig (LANGENDIJK et al., 2002b). Desto näher der Östrus rückt, umso mehr nehmen Frequenz und Amplitude der Kontraktionen zu und die maximale Höhe wird im Östrus erreicht (LANGENDIJK et al., 2005). Es wurden verschiedene Faktoren, die Einfluss auf die Uterusaktivität haben, untersucht. Unterschiedliche Untersuchungsergebnisse zeigen, dass durch die Anwesenheit eines Ebers die Plasmaoxytocinwerte und damit die Uterusaktivität zunimmt (CLAUS und SCHAMS, 1990). Dies beruht darauf, dass durch den Eber eine zentrale Oxytocinausschüttung induziert wird (LANGENDIJK et al., 2005). Das Vorhandensein von Östrogenen im Ejakulat kann die Freisetzung von Prostaglandinen durch das Endometrium auslösen und somit die Uterusaktivität fördern (LANGENDIJK et al., 2005). Bei reduzierter Fruchtbarkeit verbessert die hormonelle Stimulation der Uterusmotorik die Fruchtbarkeitsrate (LANGENDIJK et al., 2005). Bei intensiver Stimulation kann es jedoch auch zur Reduktion der Fruchtbarkeit kommen, da durch die Überstimulation ein Spermareflux verursacht werden kann (LANGENDIJK et al., 2005).

5.3.3. Einfluss durch Jahreszeit und Licht

In der Schweinezucht und -haltung ist unter den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas mit jahreszeitlichen Schwankungen der Fortpflanzungsfunktionen und Reproduktionsleistungen zu rechnen (HÜHN und KAULFUSS, 2004). Untersuchungen und Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass verschiedenste Fruchtbarkeitsparameter, wie zum Beispiel die Konzeptionsrate oder die Wurfgröße, auch bei hochdomestizierten Nutztieren jahreszeitliche Schwankungen aufweisen (THUN, 2009). Verschiedene Untersuchungen zeigen keine einheitlichen Ergebnisse (BATES et al., 1991; ESTIENNE und HARTSOCK, 1998; ALMOND und BILKEI, 2006). In einer Studie von ALMOND und BILKEI (2006) wurde beispielsweise eine unbehandelte Kontrollgruppe und eine mit PMSG und hCG synchronisierte Sauengruppe im Hinblick auf

verschiedene Fruchtbarkeitsparameter in den Sommermonaten verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Kontrollgruppe verlängerte Absetz-Brunst-Intervalle und in den Sommermonaten vermehrt reguläre Umrauscher aufwies. Eine weitere Untersuchung zeigte ein verlängertes Absetz-Konzeptions-Intervall und leichtere Wurfgewichte beim Absetzen (KOKETSU und DIAL, 1997). Bei Jungsaunen kommt es zu einem verspäteten Pubertätseintritt (SAFRANSKI und COX, 2007). Die saisonalen Schwankungen des Zyklus stammen vermutlich noch vom Wildschwein (SCHNURRBUSCH, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007). Die saisonale Variabilität ist vor allem im Spätsommer und im Frühherbst zu beobachten (LOVE, 1981; SAFRANSKI und COX, 2007). In der Natur passt das Schwein seine reproduktiven Fähigkeiten an die jahreszeitlichen Schwankungen wie Umgebungstemperatur und Nahrungsverfügbarkeit an (PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006; SCHNURRBUSCH, 2006). Wildschweine werden auch als „short day seasonal breeder“ bezeichnet (LOVE et al., 1993; PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006; SAFRANSKI und COX, 2007). Die Reproduktionsphase ist im Winter, um dem Nachwuchs vier Monate später, im Frühjahr, die besten Überlebenschancen zu ermöglichen (PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006).

Die Fähigkeit, saisonale Veränderungen der Umwelt zu registrieren, wird beim Schwein vor allem durch die Wahrnehmung der Photoperiodizität gesteuert (PELTONIEMI et al., 2000; PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006). Saunen benötigen genügend Lichteinwirkung (10-12 Stunden/>100 Lux) (BOSTEDT, 2009), dabei ist vor allem die Lichtdauer und die Lichtintensität entscheidend. Die Epiphyse bildet in Abhängigkeit von Lichttaglänge und der Beleuchtungsstärke Serotonin und Melatonin (HÜHN und KAULFUSS, 2004). Bei Dunkelheit werden vermehrt Melatonin und Serotonin ausgeschüttet und haben einen hemmenden Einfluss auf die Gonadotropinsekretion (HÜHN und KAULFUSS, 2004). Die Stimulation der Melatoninrezeptoren hat einen signifikanten Einfluss auf die Freisetzung von GnRH und der anschließenden Gonadotropinfreisetzung der Hypophyse (PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006). Serotonin verhindert die Freisetzung des FSH und

Melatonin die Freisetzung des LH aus der Hypophyse (HÜHN und KAULFUSS, 2004).

Des Weiteren haben das Management und die Fütterung großen Einfluss auf die saisonale Fruchtbarkeit in der Haltungsumwelt der heutigen Schweinezucht (PELTONIEMI und VIROLAINEN, 2006). Die Nahrungssituation spielt evolutionsphysiologisch betrachtet eine entscheidende Rolle. Die Fähigkeit sich fortzupflanzen ist an eine adäquate Ernährungssituation gebunden (SCHNURRBUSCH, 2004). Die physiologische Grundlage bildet das von den Adipozyten synthetisierte Leptin, welches bei guter Körperkondition in hoher Konzentration im Blut vorhanden ist (SCHNURRBUSCH, 2004). Die hohe Konzentration wirkt sich positiv auf die Ausschüttung von GnRH aus (SCHNURRBUSCH, 2004). Zusätzlich wird vermutet, dass in den Sommer-/Herbstmonaten eine reduzierte LH-Sekretion erfolgt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen durch die üblicherweise restriktive Fütterung nach der Belegung noch verstärkt werden (PELTONIEMI et al., 2000).

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Betriebe

An der Studie nahmen fünf ferkelerzeugende Betriebe aus Bayern und Baden-Württemberg teil.

1.1. Allgemeine Angaben zu den Betrieben

Die teilnehmenden Betriebe, ihre für die Studie wichtigen Reproduktionsdaten und das durchgeführte Synchronisationsverfahren werden im Folgenden erläutert.

Produktionsrhythmus

In allen Betrieben wird im 3-Wochen-Rhythmus produziert. Die folgenden Gruppengrößen ergeben sich je nach Anzahl der Sauen je Betrieb.

Tabelle 2: Herden- und Gruppengröße je Betrieb

Parameter	Betrieb				
	1	2	3	4	5
Anzahl Sauen je Betrieb	400	420	650	440	1900
Anzahl Sauen je Gruppe	57	60	92	62	271

Genetik

In allen fünf Betrieben wird mit der Genetik Hermitage produziert. Die Großmutterlinie ist entweder Landrasse oder Large White, die F1 Sauen sind daher genetisch 50% Landrasse und 50% Large White. In die Studie wurden nur F1-Sauen eingeschlossen.

Jungsauenremontierung

Die Nachzucht der Jungsauen wird in Betrieb 1, 3, 4 und 5 mittels Eigenremontierung durchgeführt. In Betrieb 2 werden die Jungsauen mit 30 kg aus einem Vermehrerbetrieb zugekauft.

Geburtseinleitung

In allen Betrieben wird die Geburt eingeleitet und damit versucht, die Abferkelungen auf wenige arbeitsintensive Tage zu begrenzen. Zur

Einleitung wird in allen Betrieben das Prostaglandin-F2 α -Analogon Cloprostenol (PGF2 α Veyx[®], Veyx-Pharma GmbH, Schwarzenborn, Deutschland) verwendet. Die Anwendung erfolgt am 115. Tag der Trächtigkeit. Der Beginn der Trächtigkeitsdauer wurde mit dem ersten Tag der Besamung festgelegt. Im Rahmen der Studie wurde auf ein Einleiten der Geburten verzichtet.

Säugezeit

Die Säugephase dauert in allen Betrieben 26 Tage.

Absetztag und -uhrzeit

Für die Ovulationssynchronisation von Bedeutung ist die Organisation und das Einordnen des Absetzens der Ferkel in den Arbeitsablauf. In Betrieb 2, 3, 4 und 5 wird nach einer 26-tägigen Säugezeit mittwochs abgesetzt. In dem Betrieb 1 werden die Ferkel donnerstags abgesetzt. Die Absetzzeiten wurden für jeden Betrieb individuell in Tabelle 3 erfasst.

Tabelle 3: Wochentag und Uhrzeit des Absetzens der Ferkel je Betrieb

Parameter	Betrieb				
	1	2	3	4	5
Tag	Donnerstag	Mittwoch	Mittwoch	Mittwoch	Mittwoch
Uhrzeit des Absetzens	14-15	12-13	14-15	16-17	13-15

1.2. Routinemäßig durchgeführte hormonelle Eingriffe

Ovulationssynchronisation

In den eingeschlossenen Betrieben wird die Ovulationssynchronisation standardisiert nach dem unten beschriebenen Verfahren angewendet. In allen Betrieben werden dieselben Wirkstoffe und Präparate eingesetzt. In dieser Studie wurden nur Altsauen berücksichtigt, weshalb im Folgenden nur auf das Synchronisationsverfahren dieser Tiere eingegangen wird.

Follikelstimulation

Im ersten Schritt der Ovulationssynchronisation wird eine Stimulation des Follikelwachstums mit dem equinen Choriongonadotropin (eCG, Pregmagon[®], IDT Biologika GmbH Dessau-Rosslau, Deutschland) exakt 24 Stunden nach dem Absetzen durchgeführt. Entsprechend den Tagen

an denen das Absetzen stattfindet, ergibt sich in den einzelnen Betrieben das in Tabelle 4 aufgezeigte Behandlungsschema.

Tabelle 4: Uhrzeit und Tag der Follikelstimulation mit eCG-Gabe 24 Stunden nach dem Absetzen je Betrieb

Parameter	Betrieb				
	1	2	3	4	5
Tag	Freitag	Donnerstag	Donnerstag	Donnerstag	Donnerstag
Uhrzeit	14-15	12-13	14-15	16-17	13-14

Ovulationsauslösung

Zur Steuerung und Synchronisation der Ovulationen wird das GnRH-Analogon Gonadorelin[6-D-Phe]acetat (Oestracton[®], IDT Biologika GmbH Dessau-Rosslau, Deutschland) als Standardmedikation in allen Betrieben angewendet. Die Gabe erfolgt 72-74 Stunden nach der eCG-Verabreichung. Die entsprechenden Uhrzeiten werden in der Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5: Uhrzeit und Tag der Ovulationsstimulation mit Gonadorelin-Gabe 72 Stunden nach eCG-Gabe je Betrieb

Parameter	Betrieb				
	1	2	3	4	5
Tag	Montag	Sonntag	Sonntag	Sonntag	Sonntag
Uhrzeit	14-15	15-16	15-16	17-18	15-16

1.3. Routinemäßiges Besamungsschema und Durchführung der Besamung in den Betrieben

Eine Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war ein gleich durchzuführendes Besamungsschema. Alle eingeschlossenen Betriebe haben die Besamung nach dem in folgenden Absätzen beschriebenen Verfahren durchgeführt. Für die in die Kontrollgruppe eingeschlossenen Tiere wurde dieses Routineschema beibehalten. In allen Versuchsgruppen wurde die Besamung nach einem gleichen Verfahren durchgeführt.

Betrieb 1

Der ovulationsauslösenden GnRH-Injektion folgte circa 16 Stunden später die erste KB aller Sauen. Diese fand somit am Dienstag um sechs Uhr morgens statt (Tabelle 6). Im Anschluss wurden am Dienstagnachmittag um 14 Uhr alle Sauen besamt. Am Mittwochmorgen gegen sechs Uhr wurden erneut alle Tiere besamt. Die Sauen wurden dreimal besamt. Als Besamungshilfen wurden Besamungsbügel und mindestens ein Stimuliereber, der im Gang vor den Sauen entlangläuft, eingesetzt. Zu Beginn des Besamungsvorganges wurde zuerst der Stimuliereber vor den zu besamenden Sauen positioniert und der Besamungsbügel, von der Erzeugergemeinschaft Franken-Schwaben Wertingen, auf dem Rücken der Sauen fixiert. Anschließend erfolgte eine Reinigung der Scham. Nach Einführen der Einwegpipetten (SafeBlue GlearGlide®-Einwegpipetten, Artikelnummer: 1+1063001, Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) in die Scham wurde die Schutzfolie zurückgezogen, sodass eine Verunreinigung vermieden wurde und sofort die Spermatube aufgesetzt. Wurden etwa $\frac{3}{4}$ des Spermas aus der Tube selbständig eingezogen, wurde um einen Unterdruck zu vermeiden, mit einer Kanüle ein Loch in den oberen Rand der Tube gestochen. Die Pipette verblieb bis zum vollständigen Einsaugen und einige Minuten danach in der Zervix.

Tabelle 6: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 1

	Tag	Uhrzeit der KB
1.KB	Dienstag	6 Uhr
2.KB	Dienstag	14 Uhr
3.KB	Mittwoch	6 Uhr

Betrieb 2

Im Anschluss an die Gonadorelin-Gabe erfolgte am Montagmorgen zwischen sechs und halb sieben Uhr die erste Besamung aller Sauen, die einen Duldungsreflex zeigten. Am Montagabend gegen 18 Uhr und Dienstagvormittag zwischen halb zehn und zehn Uhr wurden alle Sauen besamt (Tabelle 7). Im Durchschnitt wurden die Tiere bis zu drei Mal besamt. Zur Stimulation der Rausche wurden zwei Eber und Besamungsbügel eingesetzt. Zur Besamung wurden Einwegpipetten (SafeBlue GlearGlide®-Einwegpipetten, Artikelnummer: 1+1063001,

Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) verwendet. Die Stimuliereber wurden vor den zu besamenden Sauen fixiert. Nach einer trockenen Reinigung der Scham und dem Anbringen eines Besamungsbügels wurde die Besamungspipette in die Zervix geschoben und die Spermatube sofort aufgesteckt. Bei sehr lange andauerndem Einsaugvorgang wurde mit einer Zange ein kleines Loch in die Tube gemacht und, war kein Fortschritt zu beobachten, wurde durch Druck nachgeholfen. Anschließend wurden die Pipetten und Tuben noch für einige Minuten in der Zervix belassen.

Tabelle 7: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 2

	Tag	Uhrzeit der KB
1.KB	Montag	6 - 6.30 Uhr
2.KB	Montag	18 – 19 Uhr
3.KB	Dienstag	9 - 9.30 Uhr

Betrieb 3

Der Stimulierung der Ovulation folgte etwa 15 Stunden später, am Montagmorgen gegen sieben Uhr, die erste Besamung aller Altsauen. Montagnachmittags um 16.30 Uhr wurde mit der zweiten Besamung aller Tiere begonnen. Dieses Verfahren wiederholte sich am Dienstagmorgen um halb zehn (Tabelle 8). Die Besamung wurde durch Besamungshilfen wie den Einsatz von bis zu vier Stimulierebern und Besamungsbügeln begleitet. Die Eber wurden im Deckzentrum vor den zu besamenden Sauen fixiert, ein Besamungsbügel angebracht und die Scham der Sauen wurde bei Verschmutzung gereinigt. Die Einwegpipetten (SafeBlue GlearGlide®-Einwegpipetten, Artikelnummer: 1+1063001, Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) wurden anschließend in die Scham eingebracht, durch die perforierte Stelle der Folie geschoben und in der Zervix platziert. Anschließend wurde sofort die Spermaportion aufgesteckt. Es wurde vermieden ein Loch in die Tube zur Beschleunigung des Einsaugvorganges zu machen. Nach vollständigem Einsaugen wurden die Pipetten und Tuben noch für einige Minuten in der Zervix belassen.

Tabelle 8: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 3

	Tag	Uhrzeit der KB
1.KB	Montag	7 - 8 Uhr
2.KB	Montag	16.30 - 17.30 Uhr
3.KB	Dienstag	9.30 - 10.30 Uhr

Betrieb 4

Am Sonntagnachmittag wurde die ovulationsauslösende GnRH-Gabe durchgeführt, sodass am Montagmorgen die Sauen um sieben Uhr besamt wurden (Tabelle 9). In die folgenden zwei Besamungen werden alle Sauen eingeschlossen. Diese Besamungen wurden Montagnachmittag circa 17 Uhr und Dienstagmorgen um sieben Uhr durchgeführt. Damit ergab sich eine Besamungshäufigkeit von bis zu drei Mal. Zur Verbesserung der Rausche liefen zwei Stimuliereber im Gang vor den Sauen. Zusätzlich waren zur Unterstützung Besamungsbügel bei den einzelnen Sauen im Einsatz. Diese wurden gleichzeitig bei allen Sauen einer Reihe angebracht. Die Einwegpipetten (SafeBlue GlearGlide®-Einwegpipetten, Artikelnummer: 1+1063001, Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) werden nach der Reinigung der Scham mit Gleitgel benetzt, nach Vorschieben durch die Scham und nach Durchstoßen der Folie in der Zervix fixiert. Bei sehr lange dauernden Besamungsvorgängen wurde ein Loch in die Tube gemacht und mit Druck auf die Spermatube der Einsaugvorgang beschleunigt. Anschließend wurden auch hier die Pipetten und Tuben noch für einige Minuten in der Zervix belassen.

Tabelle 9: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 4

	Tag	Uhrzeit der KB
1.KB	Montag	7 - 8 Uhr
2.KB	Montag	17 - 18 Uhr
3.KB	Dienstag	7 - 8 Uhr

Betrieb 5

Am Montagmorgen zwischen sieben und neun Uhr, circa 16 Stunden nach der Gonadorelin-Injektion wurden alle Sauen besamt. Zu diesem Zeitpunkt duldeten meist schon alle Tiere. Anschließend erfolgte im Abstand von neun bis elf Stunden die zweite Besamung zwischen 16 und 18 Uhr am

Montagabend (Tabelle 10). Die dritte Besamung aller Tiere wurde Dienstagmorgen zwischen sieben und neun Uhr durchgeführt. Zur ausreichenden Stimulierung der Tiere und damit Steigerung des Besamungserfolges wurden im Schnitt zwei Stimuliereber und Besamungsbügel eingesetzt. Es erfolgte ein Anbringen der Besamungsbügel bei allen Tieren einer Reihe. Zur Stimulation waren meist zwei Eber gleichzeitig in einer Sauenreihe im Einsatz. Auch hier wurde eine Reinigung der Scham mit Papiertüchern durchgeführt. Anschließend erfolgte ein Einführen der Einwegpipetten (SafeBlue GlearGlide®-Einwegpipetten, Artikelnummer: 1+1063001, Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) nach demselben Verfahren wie in den anderen Betrieben. Nach dem Einsaugen des Spermas wurde auch hier die Besamungspipette für einige Minuten belassen.

Tabelle 10: routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 5

	Tag	Uhrzeit der KB
1.KB	Montag	7 - 9 Uhr
2.KB	Montag	16 - 18 Uhr
3.KB	Dienstag	7 - 9 Uhr

2. Versuchszeitraum

In jedem Betrieb wurden im ersten Schritt zwei Versuchsdurchgänge durchgeführt. Diese fanden zwischen Ende Oktober 2014 bis Anfang Januar 2015 statt und wurden in allen fünf Betrieben durchgeführt. Im Anschluss daran erfolgte nach dem veränderten Versuchsaufbau eine einzelne Untersuchungsreihe von Juni 2015 bis Juli 2016. In Betrieb 2 und 5 wurden zwei Durchgänge nach dem veränderten Verfahren durchgeführt. In Betrieb 1 wurde ein Durchgang nach dem modifizierten Schema durchgeführt.

3. Anzahl und Auswahl der Tiere

Der Einsatz von Buserelin zur Synchronisation der Ovulationen wurde bei Altsauen angewendet. In die Studie wurden die Tiere ab dem zweiten

Wurf aufgenommen. Die Auswahl der Tiere erfolgte zufällig. Die Tiere wurden durch Randomisierung in drei Gruppen eingeteilt. Für die Randomisierung wurden die Nummern der Sauen auf Zettel geschrieben. Diese wurden gefaltet und durch eine unabhängige Person, zufällig in drei Gruppen eingeteilt. In jede Gruppe, wie in Tabelle 11 aufgezeigt, wurden zehn Tiere eingeschlossen. Auf Wunsch der Landwirte wurden alle Tiere einer Besamungsgruppe in den Versuch aufgenommen. In die Kontrollgruppen wurden deshalb, ebenfalls durch Randomisierung, jeweils einige zusätzliche Tiere eingeschlossen.

Tabelle 11: Behandlungsverfahren der Gruppen und Anzahl der behandelten Versuchstiere je Gruppe

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
	Buserelin + einmalige KB (180 Mio.)	Buserelin + einmalige KB (360 Mio.)	eCG + Gonadorelin + 3x KB	Buserelin + 3x KB
Anzahl (n)	10	10	10+	20

Die Gesamtzahl der Studientiere je Gruppe und Betrieb wurden in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Gesamtzahl der Versuchstiere je Betrieb und Gruppe

Betrieb	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	gesamt
1	20	20	34	20	94
2	20	20	46	40	126
3	20	20	20	X	60
4	20	20	20	X	60
5	20	20	20	40	100
gesamt	100	100	140	100	440

4. Versuchsaufbau und -durchführung

4.1. Einteilung der Versuchsgruppen

In jedem der fünf Betriebe wurden in zwei Versuchsdurchgängen die Sauen einer Abferkelgruppe in drei Gruppen (Versuchsgruppe 1-3) eingeteilt und verschiedene Ovulationssynchronisationsverfahren angewendet (s. Tabelle 13).

Im Zusammenhang mit ersten Ergebnissen dieser ersten beiden Versuchsdurchgänge ergaben sich Überlegungen zur Abwandlung des Versuchsplanes, da die Ergebnisse nicht zufriedenstellend waren. Deshalb wurden in Betrieb 2 und 5 jeweils zwei und in Betrieb 1 ein veränderter Durchgang mit einer Versuchsgruppe 4 durchgeführt. In diesen zusätzlichen Durchgängen erfolgte die Einteilung der Sauen in zwei Versuchsgruppen. Die Tiere in Gruppe 3 stellten die zu den Tieren der Kontrollgruppe aus dem ersten Versuchsabschnitt übereinstimmende Gruppe dar. Die Sauen, die nach dem modifizierten Verfahren besamt wurden, wurden in Gruppe 4 eingeteilt.

Tabelle 13: Einteilung und Beschreibung der Versuchsgruppen

Gruppe	Ovulationssynchronisation	KB	Spermaportion
1	Buserelin (Porceptal®)	1x	180 Mio.
2	Buserelin (Porceptal®)	1x	360 Mio.
3	ursprüngliches Ovulationssynchronisationsverfahren des jeweiligen Betriebes (s. Kapitel 1.2.)	3x	180 Mio.
4	Buserelin (Porceptal®)	3x	180 Mio.

4.2. Applikationsschema von Buserelin (Porceptal®) in den Gruppen 1, 2 und 4

Der Einsatz von Buserelin (Porceptal®, Intervet Deutschland GmbH, ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Unterschleißheim, Deutschland) wurde nach den vom Hersteller vorgegebenen Anwendungshinweisen durchgeführt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Wirkstoffname Buserelin verwendet.

Anwendungszeitraum

Den Sauen wurde 83-89 Stunden nach dem Absetzen Buserelin injiziert. Dazu wurden für jedes Tier eine 2ml große sterile Einmalspritze (Inject®, Braun Medical AG, Emmenbrücke, Schweiz) und eine 1,2 x 40mm große sterile Einmalkanüle (Sterican®, Braun Medical AG, Emmenbrücke, Schweiz). Jedem Tier wurden 2,5ml intramuskulär in die rechte Halsseite injiziert. Die zeitlichen Abstände variierten in Abhängigkeit vom Absetzen

der Sauen im jeweiligen Betrieb (Tabelle 14). Die Injektion erfolgte somit entweder Sonntag- oder Montagmorgen zwischen vier und sieben Uhr.

Tabelle 14: Zeitpunkt und Wochentag der Buserelin-Gabe 83-89h nach dem Absetzen

Betrieb	Stunden (h) nach Absetzen	Uhrzeit und Wochentag der Injektion
1	88h	Montag, 6 Uhr
2	87h	Sonntag, 5 Uhr
3	87,5h	Sonntag, 6.30 Uhr
4	87h	Sonntag, 7 Uhr
5	86h	Sonntag, 6 Uhr

Verträglichkeit

Den Tieren wurde einmalig Buserelin in die rechte Halsseite injiziert. Alle Tiere wurden am Folgetag im Rahmen der Besamung auf lokale und systemische Nebenwirkungen kontrolliert. So wurde die Injektionsstelle auf Unverträglichkeitsreaktionen wie Rötungen und Schwellungen der Haut untersucht. Das Allgemeinbefinden wurde mit Hilfe einer kurzen klinischen Untersuchung beurteilt.

Zeitpunkt der Besamung nach Buserelin-Gabe

Am Montag oder Dienstag zwischen elf und 14 Uhr, in einem Abstand von 30 bis 33 Stunden nach der Buserelin-Gabe, wurden die Tiere einmalig besamt (Tabelle 15).

Tabelle 15: Uhrzeit der KB mit einem Abstand von 30-33h zur Buserelin-Gabe

Betrieb	Stunden (h) nach Buserelin-Gabe	Tag und Uhrzeit der KB
1	31,5h	Dienstag, 13.30 Uhr
2	32h	Montag, 14 Uhr
3	30,5h	Montag, 13 Uhr
4	30,5h	Montag, 13.30 Uhr
5	31h	Montag, 13 Uhr

Gruppe 1 und 2

Die Tiere in den Gruppen 1 und 2 erhielten nach dem bereits beschriebenen Schema Buserelin verabreicht. Die Sauen in der Gruppe 1 wurden anschließend einmalig mit einer einfach konzentrierten (180 Mio.) Spermaportion besamt. Die Sauen der Gruppe 2 wurden ebenfalls einmalig mit einer doppelt konzentrierten (360 Mio.) Spermaportion besamt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Synchronisationsverfahren mit Buserelin in den Gruppen 1 und 2 mit anschließend einmaliger KB

	Buserelin	KB Gruppe 1	KB Gruppe 2
Zeit (in h) nach dem Absetzen	83-89h	30-33h	30-33h
Spermakonzentration der Portion		180 Mio.	360 Mio.
Besamungshäufigkeit		1x	1x

Gruppe 4

Das Besamungskonzept der Gruppe 4 wurde verändert. Die Sauen wurden nach dem in der Tabelle 17 aufgeführten Zeitregime dreimal besamt.

Tabelle 17: Besamungsverfahren der Tiere der Gruppe 3 und 4

	KB in Gruppe 4	KB in Gruppe 3
Abstand zur Behandlung	24-26h, 36-38h und 48-50h nach Buserelin	16h, 24-26h, 16h nach Gonadorelin
Spermakonzentration der Portion	180 Mio.	180 Mio.
Besamungshäufigkeit	3x	3x

Die zur Besamung eingesetzten Spermaportionen wurden wie im ersten Teil der Studie von der BuS Besamungsunion Schwein – Besamungsstation Herbertingen bereitgestellt.

4.3. Applikationsschema der Gruppe 3 (Kontrolle)

Die Tiere der Kontrollgruppe wurden nach dem in dem jeweiligen Betrieb üblichen routinemäßigen Ovulationssynchronisationsverfahren behandelt (Tabelle 18) und anschließend drei Mal nach dem aufgeführten Abständen mit einer standardisierten Spermaportion (180 Mio.) besamt.

Tabelle 18: Synchronisationsverfahren und Besamungsschema der Kontrollgruppe

Behandlungsschema	Zeitabstände
Follikelstimulation mit eCG	24h nach dem Absetzen
Ovulationsstimulation mit Gonadorelin	72-74h nach der Follikelstimulation
Abstände der KB nach Ovulationsstimulation	16h, 24-26h, 40h

5. Erhobene Parameter

5.1. Erfassung des Brunstverhaltens

Zur Feststellung der Brunst wurden die physiologischen klinischen Zeichen erfasst, die eine Sau im Östrus zeigt. Die Rauscheanzeichen wurden von den Tieren der Gruppen 1, 2 und 3 zum Zeitpunkt der terminorientierten Besamung im Zeitraum von 16-24h nach eCG+Gonadorelin bzw. 30-33h nach Buserelin die Sauen auf Rauscheanzeichen beurteilt

Die notierten Parameter wurden in Anlehnung an die Fragestellung dieses Versuches selbst festgelegt und im Weiteren erläutert. Zur Beurteilung wurde ein Scoresystem definiert. Die Daten wurden kurz vor und während der Besamung erfasst.

5.1.1. Erfassung der einzelnen Duldungsanzeichen

Schaum

Die Schaumbildung um das Maul der Sauen wurden als Zeichen der positiven Reaktion auf den Eber bewertet. Eine „Eins“ steht für Schaum vorhanden und eine „Null“ für keine Schaumbildung (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Punkteverteilung für die Schaumbildung während der Brunst

Merkmal	Beschreibung	Score
Schaum	keine Schaumbildung	0
	Schaum vorhanden	1

Ausfluss

Die Tiere wurden auf Anzeichen von Ausfluss untersucht. Eine Unterscheidung wurde zwischen „Null“ für keinen Schleim, „Eins“ für klar-

mukösen Brunstscheid und „- Eins“ für pathologisch veränderten Ausfluss definiert. Als pathologisch veränderter Ausfluss wurde weißgelblich veränderter und blutiger Ausfluss bewertet (s. Tabelle 20).

Tabelle 20: Punkteverteilung für das Merkmal Ausfluss

Merkmal	Beschreibung	Score
Ausfluss	kein Schleim/Ausfluss	0
	klar-muköser Brunstscheid	1
	pathologisch verändert	-1

Vulva

Im Anschluss an die Reinigung erfolgte eine Beurteilung der Vulva hinsichtlich ihrer zyklusphasenabhängigen Rötung und Schwellung. Eine Abstufung wurde festgelegt. „Null“ stand für keine Rötung und Schwellung, „Eins“ für geringgradige Rötung und Schwellung, „Zwei“ für mittelgradige und „Drei“ hochgradige Rötung und Schwellung (Tabelle 21).

Tabelle 21: Punkteverteilung der zyklusabhängigen Veränderungen an der Vulva

Merkmal	Beschreibung	Score
Vulva	keine Rötung und Schwellung	0
	geringgradige	1
	mittelgradig	2
	hochgradige	3

Unruhe

Das Verhalten und die Reaktion der Sau auf den Eber und während des Besamungsvorganges wurden beurteilt. Ruhige Tiere wurde mit einer „Null“ bewertet, interessierte Tiere mit einer „Eins“ und sehr unruhige Tiere mit einer „Zwei“ (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Punkteverteilung für das Merkmal Unruhe

Merkmal	Beschreibung	Score
Unruhe	ruhiges Verhalten	0
	interessierte Tiere	1
	sehr unruhige Tiere	2

Futteraufnahme

Der Rückgang bzw. die Verweigerung der Futteraufnahme kann als Zeichen der Brunst gewertet werden. Keine Futteraufnahme wurde mit einer „Eins“ gewertet und vorhandene Futteraufnahme wurde mit einer „Null“ bewertet (s. Tabelle 23).

Tabelle 23: Punkteverteilung für die Futteraufnahme während der Brunst

Merkmal	Beschreibung	Score
Futteraufnahme	keine Futteraufnahme	1
	vorhandene Futteraufnahme	0

Urinabsatz

Sauen setzen häufig als Reaktion auf den Eber, sowie als Zeichen der Brunst, wiederholt kleine Mengen Urin ab. Das Vorhandensein dieser typischen Verhaltensweise wurde mit einer „Eins“ bewertet. Der fehlende Urinabsatz wurde mit einer „Null“ gewertet (Tabelle 24).

Tabelle 24: Punkteverteilung für den Urinabsatz

Merkmal	Beschreibung	Score
Urinabsatz	fehlender Urinabsatz	0
	vorhandener Urinabsatz	1

Ohren stellen

Das Aufstellen der Ohren ist ein Phänomen, welches Sauen als Reaktion auf den Eber im Östrus häufig zeigen. Das Vorhandensein wurde mit einer „Eins“, das Fehlen des Ohrenaufstellens mit einer „Null“ bewertet (s. Tabelle 25).

Tabelle 25: Punkteverteilung für Ohren stellen in der Brunst

Merkmal	Beschreibung	Score
Ohren stellen	Fehlend	0
	Vorhanden	1

Duldungsreflex

Das Vorhandensein des Duldungsreflexes wurde mit einer „Eins“ bewertet. Reagiert das zu besamende Tier auf das Anlegen des Besamungsbügels mit Unruhe und Unwilligkeit wurde mit einer „Null“ bewertet (Tabelle 26).

Tabelle 26: Punkteverteilung für das Vorhandensein eines Duldungsreflexes

Merkmal	Beschreibung	Score
Duldungsreflex	fehlend	0
	vorhanden	1

Duldung

Die Duldung der Sau äußert sich im Stehenbleiben bei Anbringung des Besamungsbügels. Die Tiere zeigen damit einen Duldungsreflex. Dieses Verhalten zeigt sich im Zusammenhang mit dem Aufstellen der Ohren sowie dem Absetzen von Urin. Der Grad der Duldung wurde für sehr gut mit „Zwei“, für gut mit „Eins“ und bei keiner Duldung mit „Null“ bewertet (s. Tabelle 27).

Tabelle 27: Punkteverteilung für die Duldung

Merkmal	Beschreibung	Score
Duldung	keine Duldung	0
	gute Duldung	1
	sehr gute Duldung	2

5.1.2. **Gesamtduldungsscore**

Im Anschluss wird aus den erfassten Anzeichen der Brunst wie Schaumbildung, Ausfluss, Veränderungen an der Vulva, die Unruhe, die Futteraufnahme, Urinabsatz, die Stellung der Ohren, die Duldung und der Duldungsreflex ein Gesamtduldungsscore berechnet und statistisch ausgewertet. Dazu werden die vergebenen Punkte der einzelnen Parameter addiert. Aus dem Ergebnis ergibt sich der Duldungsscore.

5.2. Erfassung und Durchführung des Besamungsvorganges

Die wichtigen Parameter des Besamungsvorganges wie die Ansaugeschwindigkeit, der Druck und der Rückfluss wurden getrennt von den Rauscheparametern erfasst.

Ansaugeschwindigkeit

Es erfolgte eine Messung der Zeit vom Ansetzen der Spermatube an den Katheter bis zum Ende des vollständigen Einsaugens des Spermas durch die Besamungspipette. Die Messung wurde mithilfe von Stoppuhren durchgeführt.

Druck

Der Druck steht als Maß dafür, in wie weit ein Nachhelfen durch ein Zusammendrücken der Spermatube erforderlich war. Das selbstständige Einsaugen des Spermas wurde mit einer „Eins“ bewertet. Wurde mit Druck nachgeholfen, so wurde das mit einer „Zwei“ bewertet.

Rückfluss

Zusätzlich wurde notiert, ob im Anschluss an das Entfernen des Besamungskatheters oder während des Besamungsvorganges ein Rückfluss von Sperma beobachtet werden konnte. Kein Rückfluss wurde mit „Null“ bewertet. Für einen geringgradigen und mittelgradigen Rückfluss wurden jeweils eine „Eins“ und „Zwei“ definiert. Ein hochgradiger Spermarückfluss wurde mit einer „Drei“ bewertet.

5.3. Trächtigkeitskontrolle

Die Umrauscherkontrolle erfolgte routinemäßig bei allen fünf Betrieben ab dem 16. bis 21.Tag. Zusätzlich zur routinemäßigen Trächtigkeitskontrolle auf den Betrieben wurde eine transkutane Ultraschalluntersuchung (Agroscan[®], sonoArena Vetriebs GmbH, Wiener Neustadt, Österreich) zur sicheren Trächtigkeitsdiagnostik durchgeführt.

Betrieb 1

Die Kontrolle der Trächtigkeit erfolgte mithilfe eines bildgebenden Ultraschallgerätes am 28. Tag nach der Belegung. Ab dem 21. Tag nach der Besamung wurden die Tiere täglich auf äußerlich erkennbare Brunstsymptome kontrolliert.

Betrieb 2

Ab dem 16.-17. Tag wurde die Duldung der Tiere überprüft. Die Sauen wurden am 23. Tag mittels Ultraschallgerät auf eine Trächtigkeit hin untersucht. Am Tag 26 nach der Besamung erfolgte eine Wiederholung der Ultraschall-Untersuchung von Einzeltieren bei unsicherem Trächtigkeitsergebnis.

Betrieb 3

In diesem Betrieb wurde die Umrauscherkontrolle am 20./21. Tag vorgenommen. Die Feststellung der Trächtigkeit erfolgte am 24. Tag mithilfe eines bildgebenden Ultraschallgerätes.

Betrieb 4

In Betrieb 4 wurde die Trächtigkeit 23 Tage nach der Belegung mithilfe eines bildgebenden Ultraschallgerätes festgestellt. Ab dem 16. Tag wurde täglich die Duldung der Sauen überprüft. Bei einzelnen Tieren wurde die Ultraschalluntersuchung kurz vor dem Umstallen in den Wartestall wiederholt, vor allem dann, wenn bei der ersten Untersuchung die Trächtigkeit nicht sicher festgestellt werden konnte.

Betrieb 5

Die Trächtigkeitsuntersuchung wurde auch in diesem Betrieb mit der Unterstützung bildgebender Verfahren vorgenommen. Mithilfe eines Ultraschallgerätes wurden am 22. Tag und zusätzlich am 28. Tag die Sauen auf Trächtigkeit gescannt.

5.4. Erfassung der Abferkelergebnisse

Zur Auswertung der Abferkelergebnisse wurden die in Tabelle 28 aufgelisteten Parameter während und nach der Abferkelung durch den Landwirt erfasst. Es wurden verschiedene Kennzahlen in der unten aufgeführten Tabelle vermerkt und erläutert.

Tabelle 28: Parameter der Abferkelung

Parameter	Beschreibung
Abferkeldatum	eine genaue Erfassung des individuellen Termins der Abferkelung
insgesamt geborene Ferkel/Wurf (Anzahl)	alle Ferkel (tot oder lebend), die geboren werden, inklusive Mumien
lebend geborene Ferkel/Wurf (Anzahl)	Erfassung aller Ferkel, die lebend geboren werden.
tot geborene Ferkel/Wurf (Anzahl)	Ferkel, die kurz vor oder während der Geburt verendet sind.
mumifizierte Ferkel/Wurf	Alle Ferkel werden erfasst, die in dem Zeitraum vom 30.-70. Trächtigkeitstag abgestorben und mumifiziert sind.
lebensschwach geborene Ferkel/Wurf (800-1000g)	Ferkel, die mit einem Gewicht zw. 800 und 1000g auf die Welt kommen und kaum überlebensfähig sind.
abgesetzte Ferkel	Es wird die Zahl der Ferkel, die nach der Säugephase von der Sau abgesetzt werden, erfasst.

Im Anschluss wird aus den entsprechend erfassten und berechneten Parametern der Ferkelindex erstellt.

Ferkelindex

Der Ferkelindex ermöglicht eine Aussage darüber, wie viele Ferkel pro 100 besamter Sauen geboren werden. Deshalb wurden aus der Abferkelrate multipliziert mit der Wurfgröße der Ferkelindex berechnet.

$$\text{Abferkelrate} \times \text{Wurfgröße} \times 100 = \text{FI}$$

Die Abferkelrate ist der prozentuale Anteil der abgeferkelten Sauen an den besamten Sauen in einem bestimmten Zeitraum (SCHNURRBUSCH, 2006). Bei dieser Kennzahl werden also auch Spätaborte, nicht trüchtige und abgegangene Sauen, z.B. aufgrund von Lahmheiten, berücksichtigt (KREMLING, 2015). Im Gegensatz dazu werden bei der Umrauscherquote diese Faktoren nicht beachtet (KREMLING, 2015).

5.5. Trächtigkeitsdauer

Unter 5.4. ist das Abferkeldatum erfasst. Aus den vorhandenen Besamungs- und Abferkeldaten ist die Berechnung der Trächtigkeitsdauer in Tagen möglich. Dadurch ist eine Interpretation hinsichtlich des Einflusses von Buserelin auf das Auftreten der Ovulationen möglich.

6. Spermagewinnung und -konfektionierung

Die Gewinnung und Herstellung der Spermaportionen für die Studie wurde durch die BuS (Besamungsunion Schwein) Besamungsstation Herbertingen durchgeführt. Die Konfektionierung und Kontrolle des gewonnenen Spermias wird hier der Vollständigkeit wegen erläutert. Die Portionen waren in handelsüblichen Spermatuben (Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) abgepackt. Das Sperma wurde von Ebern der Rasse Piétrain gewonnen und zur Herstellung der Portionen verwendet. In den Gruppen 1 und 4 sowie in der Kontrollgruppe wurden zur Besamung Portionen in gleicher Spermakonzentration (180 Mio.) eingesetzt. Für die Besamung der Gruppe 2 wurden Spermaportionen mit der doppelten Konzentration von etwa 360 Mio. Spermien bereitgestellt.

6.1. Spermagewinnung und hygienische Anforderungen an die Gewinnung

Die Gewinnung des Spermas erfolgte bei Jungebern in einem Alter bis zu 18 Monaten einmal wöchentlich (STÄHR et al., 2009). Bei älteren Tieren zweimal pro Woche und zwischen den Absamtagen müssen jeweils zwei Tage Pause liegen (STÄHR et al., 2009). In Abhängigkeit von Alter und Erfahrung des Ebers werden mit dem Ejakulat bis zu 300 Mrd. Spermien gewonnen. Bevor das Sperma gewonnen wurde, wurde eine Stimulierung des Ebers durchgeführt. Diese wurde durch akustische und taktile Reize unterstützt. Die Spermagewinnung erfolgt entweder durch die Handmethode oder halbautomatisch mithilfe des Einsatzes von den Geräten Automate® (Fa. Minitüb) und Collectis® (Fa. Genes Diffusions). Die Handmethode wird in der Besamungsstation Herbertingen genutzt.

Die Hygiene spielt im Rahmen der Spermagewinnung eine wichtige Rolle. In der Besamungsstation Herbertingen wird deshalb auf eine strenge Einhaltung der Regeln bezüglich der Reinigung und Desinfektion geachtet. Während des gesamten Vorganges der Spermengewinnung und der anschließenden Weitergabe ins Labor werden höchste hygienische Anforderungen eingehalten. Das regelmäßige Waschen der Eber und der standardisierte Absamvorgang zur Gewinnung eines möglichst keimfreien Ejakulats ist Standard.

6.2. Qualitätsanforderungen

Nach der Gewinnung erfolgt eine möglichst keimfreie Weitergabe des frischen Spermas in das Labor. Jede Portion wird spermatologisch untersucht. Das Ziel ist die Sicherung einer gleichbleibend hohen Qualität des ausgelieferten Spermas. Standardvoraussetzungen für Sperma sind die Mindestanforderungen gemäß den Gewährschaftsbestimmungen des ZDS.

Makroskopische Beurteilung

Im ersten Schritt der makroskopischen Untersuchung erfolgt eine visuelle und olfaktorische Beurteilung. Anschließend erfolgt eine Bestimmung des Spermavolumens. Die Bestimmung der Spermienkonzentration wird anschließend durchgeführt.

Mikroskopische Beurteilung

Zuerst erfolgt eine Beurteilung der Spermienmotilität. Die Eigenbeweglichkeit des Spermias stellt ein wichtiges Selektionskriterium dar und entscheidet über die weitere Verwendung des Spermias. Dazu müssen 70% der Spermien vorwärtsbeweglich sein. Zusätzlich zur Motilitätsbeurteilung ermöglicht die phasenkontrastoptische Untersuchung eine Überprüfung auf Beimengungen und Fremdzellen.

Anschließend erfolgt eine Beurteilung der Spermienmorphologie. Es wird ebenfalls eine Untersuchung auf Anomalien mittels eines Phasenkontrastmikroskops durchgeführt.

6.3. Spermakonservierung

Mittel der Wahl zur Haltbarmachung von Ebersperma ist die Flüssigkonservierung. Für die Flüssigkonservierung werden vor allem Glucose-Natriumcitrat-Medien in verschiedenen Varianten verwendet.

Verdünner

Zur Kurzzeitkonservierung wird dem Sperma der am häufigsten verwendete Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA)-Verdünner Beltsville thawing solution (BTS) (Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) zugesetzt. Somit können die Spermaportionen bis zu 120 Stunden nach der Entnahme aufbewahrt werden. Zur Verbesserung der Überlebensrate wird dem Ejakulat bovines Serumalbumin (BSA) (Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) hinzugefügt. Zusätzlich ist der Verdünnerlösung Gentamycin oder Neomycin (Minitüb GmbH, Tiefenbach, Deutschland) zugesetzt, um das Keimwachstum zu hemmen.

6.4. Konfektionierung und Spermienzahl je Besamungsdosis

In Abhängigkeit von der Spermiengesamtzahl in einem Ejakulat können daraus zwischen zehn und 100 Portionen hergestellt werden. Durchschnittlich werden aus einem Ejakulat etwa 40 Portionen gewonnen. Ziel ist es in jeder Besamungsdosis eine Konzentration von $1,5\text{-}2,0 \times 10^9$ motile Spermien zu erzielen. Die Anzahl der Spermien kann abhängig von Jahreszeit und Eber variieren. Der Verdünnungsgrad wird deshalb individuell mithilfe einer entsprechenden Software berechnet. Bei dem Verdünnungsvorgang wird vor allem auf ein optimales Temperaturregime geachtet, da Temperaturschwankungen zu Motilitätsverlusten führen

können. Nach der einphasigen oder zweiphasigen Verdünnung und Abkühlung auf die Lagerungstemperatur von 16-18°C erfolgt die Abfüllung in Portionstuben mit einem Volumen von durchschnittlich 95 ml. Für die Tiere der Gruppe 2 wurden Portionen mit etwa $3,6 \times 10^9$ motile Spermien je Besamungsdosis abgefüllt.

7. Statistische Auswertung

Die gesammelten Daten wurden im Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Office 2016) in einer Gesamttabelle aufgearbeitet. Die statistische Auswertung und Verarbeitung erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS 23.0 (IBM® SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Da nicht immer jeder Parameter pro Versuchstier erhoben werden konnte, können die Anzahl der Fälle zwischen den ausgewerteten Parametern divergieren.

Für alle durchgeführten Tests wurde das Signifikanzniveau auf 5% ($p < 0,05$) festgelegt. Dieses wurde abhängig von der Anzahl der multiplen Vergleiche nach Bonferroni-Holms korrigiert (s. Tabelle 29).

Tabelle 29: Durchgeführte Paarvergleiche der erhobenen Parameter

Parameter	Paarvergleich	n Paarvergleiche
Versuchsgruppe		
Gesamtduldungsscore, Duldungsreflex, Druck, Rückfluss	1&2 → 3	1
Gesamtscore, Abferkelrate	1→2, 1→3, 1→4	3
Trächtigkeitskontrolle	1→2, 1→3, 1→4	
Trächtigkeitsdauer	1&2 → 3, 1&2 → 4, 3→ 4	3
Trächtigkeit kurz	1&2 → 3, 3→ 4	2
Betrieb		
Trächtigkeitsdauer, Trächtigkeitskontrolle, Abferkelrate	1→2, 1→3, 1→4, 2→3, 2→4, 3→4,	6

Für die Parameter „Gesamtduldungsscore“, „Trächtigkeitsdauer“, „Duldungsreflex“, „Rückfluss“ und „Druck“ wurden die Gruppen 1 und 2 (Buserelin-Gruppen) teilweise zusammengefasst ausgewertet, da die

unterschiedlichen Spermienkonzentrationen dieser beiden Gruppen die genannten Parameter nicht beeinflusst.

Von den quantitativen Parameter „Gesamtduldungsscore“, „Ansaugeschwindigkeit“, „Trächtigkeitsdauer“ und „insgesamt geborene Ferkel“ wurden die Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum und Maximum pro Gruppe und Betrieb (nur Trächtigkeitsdauer und gesamt geborene Ferkel) angegeben. Der Mittelwertvergleich dieser Parameter erfolgte mittels Mann-Whitney-U-Test. Um zu ermitteln, wie groß der Einfluss des Betriebes ist, wurde zusätzlich eine univariaten Varianzanalyse mit der Gruppe, Betrieb und Durchgang als festen Faktor, berechnet. Als feste Faktoren wurde die Behandlungsgruppe und als zufälliger Faktor der Betrieb festgelegt. Der Mittelwertvergleich der insgesamt geborenen Ferkel zwischen den Betrieben erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) gefolgt von einem Post-hoc-Mehrfachvergleich (Tuckey).

Die Häufigkeitsverteilung der qualitativen Parameter „Duldungsreflex“, „Druck“, „Rückfluss“, „Trächtigkeitskontrolle“, „Trächtigkeitsdauer ≤ 113 Tage“ und „Abferkelrate“ wurden als Kreuztabelle dargestellt und mit Chi-Quadrat-Test verglichen.

Die Korrelationen zwischen den Parametern „Duldung“ mit „Trächtigkeitskontrolle“, „Duldung“ mit „Würfen unter 8 Ferkeln“ und „Rückfluss“ mit Trächtigkeitskontrolle“ wurden mit Chi-Quadrat-Test auf Signifikanzen geprüft und die Korrelation mittels Spearman-Rho-Faktor berechnet.

IV. ERGEBNISSE

Die Tiere der Gruppen 1 und 2 sowie 4 wurden mit Buserelin (Porceptal®) synchronisiert und anschließend erfolgte in Gruppe 1 und 2 eine einmalige Besamung mit einer einfach konzentrierten (180 Mio.) und in Gruppe 2 mit einer doppelt konzentrierten (360 Mio.) Spermaportion. In Gruppe 4 wurde eine Änderung des Versuchsaufbaus vorgenommen, sodass die Sauen nach einer Synchronisation mit Buserelin anschließend dreimal besamt wurden. In der Kontrollgruppe (Gruppe 3) wurden die Tiere nach dem Synchronisationsverfahren mit eCG und Gonadorelin dreimal besamt.

Verträglichkeit

Im Rahmen der Besamung wurden die Sauen auf Rötungen und Schwellungen an der Injektionsstelle untersucht. Es konnten keine Hautveränderungen und systemischen Kreislaufprobleme bei den Tieren festgestellt werden.

1. Bewertung des Rauscheverhaltens

Das typische Verhalten einer Sau während des Östrus wurde beurteilt und erfasst. Um die Qualität der Rausche bewerten zu können, wurde ein Gesamtduldungsscore berechnet.

1.1. Gesamtduldungsscore

Der Duldungsscore setzt sich aus den Einzelparametern, die im Rahmen der Rausche beurteilt wurden zusammen. Die Gruppen 1 und 2 wurden zusammengefasst ausgewertet, da die Tiere dieser Gruppen nach dem gleichen Synchronisationsverfahren behandelt wurden. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind im Folgenden aufgeführt. Der Mittelwert (MW) der Gruppe 1&2 liegt bei 7,63. Die Werte des Minimums (Min), Maximums (Max) und des Median sind der Tabelle 30 zu entnehmen. In der Kontrollgruppe liegt der Mittelwert bei 7,17 (s. Tabelle 30). Der Duldungsscore unterscheidet sich zwischen der Gruppe 1&2 im Vergleich zu Gruppe 3 signifikant ($p=0,027$).

Tabelle 30: Mittelwert des Gesamtduldungsscore der Gruppen 1&2 und der Kontrollgruppe mit Standardabweichung, Minimum und Maximum

Gruppen	N	MW	SD	Min	Max
Gruppe 1&2	200	7,63	1,35	3	11
Gruppe 3	111	7,17	1,81	0	12

Die Verteilung des Scores in den verschiedenen Gruppen wurde in einem Boxplot graphisch dargestellt (Abb. 1). In Gruppe 1&2 weisen 25% der Tiere den Wert des Median auf.

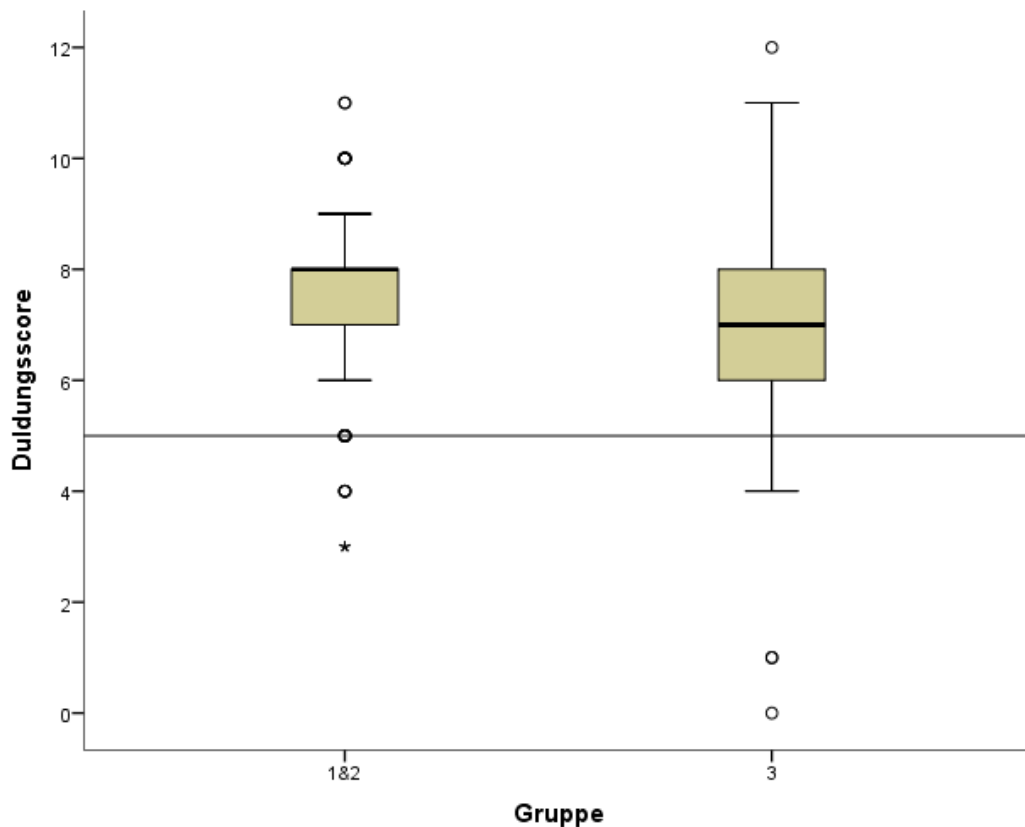


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Streuung des Gesamtduldungsscore von Gruppe 1&2 und Gruppe 3

Die Vergleiche des Gesamtduldungsscores zwischen den Versuchsgruppen 1, 2 und 3 sind nicht signifikant (1 zu 2: $p=0,953$; 1 zu 3: $p=0,084$; 2 zu 3 $p=0,038$).

1.2. Duldungsreflex

Im Rahmen der Erfassung der Duldung wurde der Duldungsreflex beurteilt und statistisch ausgewertet (Tabelle 31). Dabei zeigten 1,5% Tiere in den Buserelin-Gruppen sowie 3,6% Tieren in der Gruppe 3 keinen Duldungsreflex. Die Anzahl der Tiere mit positivem Duldungsreflex

zwischen den Buserelin-Gruppen (1&2) mit der Kontrollgruppe (3) unterscheidet sich nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 31: Vergleich des Duldungsreflexes zwischen Gruppe 1&2 mit 3

Gruppen	Duldungsreflex		gesamt
	Fehlt	vorhanden	
1&2	3	197	200
3	4	107	111
gesamt	7	304	311

2. Besamung

Im Rahmen der Besamung wurden im Folgenden die Ansauggeschwindigkeit, der Druck und der Spermarückfluss statistisch ausgewertet.

2.1. Ansauggeschwindigkeit

Die Dauer des Einsaugens des Spermas wurde von Beginn des Ansetzens der Tube bis zum vollständigen Einsaugen mithilfe einer Stoppuhr gemessen und anschließend statistisch ausgewertet. Der Mittelwert liegt in Gruppe 1&2 bei 3:53 Minuten (Tabelle 32). In der Kontrollgruppe liegt der Mittelwert bei 4:16 Minuten. Die Ansauggeschwindigkeit der Gruppe 1&2 ist nicht signifikant kürzer als die der Kontrollgruppe ($p > 0,05$).

Tabelle 32: Mittelwerte und Standardabweichung der Ansauggeschwindigkeit in den Gruppen 1&2 und 3

Gruppe	N	MW	SD
1&2	200	3:53 Minuten	3:34 Minuten
3	111	4:16 Minuten	4:10 Minuten

Die Standardabweichung der Buserelin-Gruppen zeigt eine größere Streuung der einzelnen Ansauggeschwindigkeiten. In der Gruppe 3 ist die Streuung geringer und die Daten liegen näher am Mittelwert.

2.2. Notwendige externe Insemination von Inseminationsflüssigkeit

Es wurde überprüft, ob ein Nachhelfen mit Druck bei der Besamung einen Einfluss auf das Einsaugen des Spermas hat. Dies ist jedoch nicht der Fall ($p > 0,05$). In Gruppe 1&2 haben 94% und in der Kontrollgruppe 91% der Tiere das Sperma selbstständig eingezo-gen.

Tabelle 33: Vergleich des Druckes bei der Besamung zwischen Gruppe 1&2 mit 3

Gruppen	Druck		gesamt
	mit Hilfe von Druck	selbständig	
1&2	12	188	200
3	10	101	111
Gesamt	22	289	311

2.3. Rückfluss

In den Buserelin-Gruppen (1&2) zeigten 171 von 200 der Tiere keinen Spermarückfluss (Tabelle 34). Mittelgradigen Rückfluss konnte in den Gruppen 1&2 bei 23 Tieren (11,5%) und hochgradigen Rückfluss bei 6 Tieren (5,4%) beobachtet werden. In der Kontrollgruppe waren weniger Tiere mit mittelgradigem (sechs Tiere) bzw. hochgradigem (zwei Tiere) Rückfluss. 103 Tiere hatten überhaupt keinen Rückfluss. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 34: Auftreten des Spermarückflusses in den Gruppen in Abhängigkeit vom Grad des Rückflusses

Gruppen	Rückfluss			gesamt
	kein Rückfluss	mittelgradiger Rückfluss	hochgradiger Rückfluss	
1&2	171	23	6	200
3	103	6	2	111
Gesamt	274	29	8	311

3. Trächtigkeit

3.1. Trächtigkeitskontrolle

In einem Zeitraum von 22 bis 28 Tagen nach der Belegung erfolgte die Trächtigkeitskontrolle. Die Anzahl nicht trächtiger Sauen liegt in Gruppe 1

bei 18% und in Gruppe 2 bei 12%. In der Kontrollgruppe sind 3,6% Sauen nicht trächtig zum Zeitpunkt der Trächtigkeitskontrolle. Für die Gruppe mit Buserelin und einer dreifachen Besamung (Gruppe 4) liegt der Anteil nicht trächtiger Tiere bei 11%.

Tabelle 35: Ergebnis der Trächtigkeitskontrollen der vier Versuchsgruppen

Gruppen	Trächtigkeitskontrolle		gesamt
	negativ	positiv	
1	18	82	100
2	12	88	100
3	5	135	140
4	10	90	100
gesamt	45	395	440

Vergleich des Ergebnisses der Trächtigkeitskontrolle zwischen den einzelnen Gruppen

In der statistischen Auswertung der Daten wurden die Gruppen einzeln miteinander verglichen. Der Anteil nicht trächtiger Sauen ist in der Kontrollgruppe (3) signifikant niedriger als in Gruppe 1 ($p < 0,001$). Die Anzahl der trächtigen Tiere unterscheidet sich in den Gruppen 2 ($p = 0,107$) und 4 ($p = 0,154$) nicht signifikant von der Gruppe 1.

Vergleich des Ergebnisses der Trächtigkeitskontrolle zwischen den Betrieben (Gruppen 1, 2 und 3)

Die Verteilung der Anzahl trächtiger Tiere wurde für die Gruppen 1, 2 und 3 zwischen den Betrieben berechnet, da Versuchsgruppe 4 nur in zwei der Betriebe vertreten war. Zwischen den Betrieben unterschied sich die Anzahl der trächtigen Tiere nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 36: Ergebnis der Trächtigkeitskontrollen der Versuchsbetriebe für die Versuchsgruppen 1, 2 und 3

Betriebe	Trächtigkeitskontrolle		gesamt
	Negativ	positiv	
1	10	84	94
2	10	116	126
3	8	52	60
4	9	51	60
5	8	92	100
gesamt	45	395	440

3.2. Trächtigkeitsdauer

Die tatsächliche Trächtigkeitsdauer berechnet sich ab dem Tag, an dem die Tiere das erste Mal besamt wurden und dem Abferkeldatum. Bei der statistischen Berechnung zur Dauer der Trächtigkeit wurde der Betrieb 1 ausgeschlossen, da in diesem Betrieb nur unvollständige Daten zur Verfügung standen. Der Mittelwert der Trächtigkeitsdauer liegt bei den Tieren der Gruppe 1 bei 114,65 Trächtigkeitstagen und bei den Tieren der Gruppe 2 bei 114,95 Tagen. In der Kontrollgruppe sind die Tiere durchschnittlich 115,05 Tage trächtig. Die Tiere der Gruppe 4 haben einen Mittelwert der Trächtigkeitsdauer von 114,85 Tagen. Im Vergleich der mittleren Trächtigkeitsdauer zwischen den Tieren der Gruppe 1&2 mit 3 ($p= 0,142$), 1&2 mit 4 ($p= 0,318$) und 3 mit 4 ($p= 0,02$) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 37: Trächtigkeitsdauer in den verschiedenen Gruppen mit Standardabweichung, Minimum und Maximum

Gruppe	N	MW	SD	Min	Max
1	62	114,65	1,04	112	117
2	66	114,95	1,46	112	118
3	98	115,05	1,21	112	118
4	73	114,85	1,14	110	117

In den Buserelin-Gruppen ist eine kleinere Streuung der Abferkeltage im Vergleich zur Kontrollgruppe zu erkennen (s. Abb. 2).

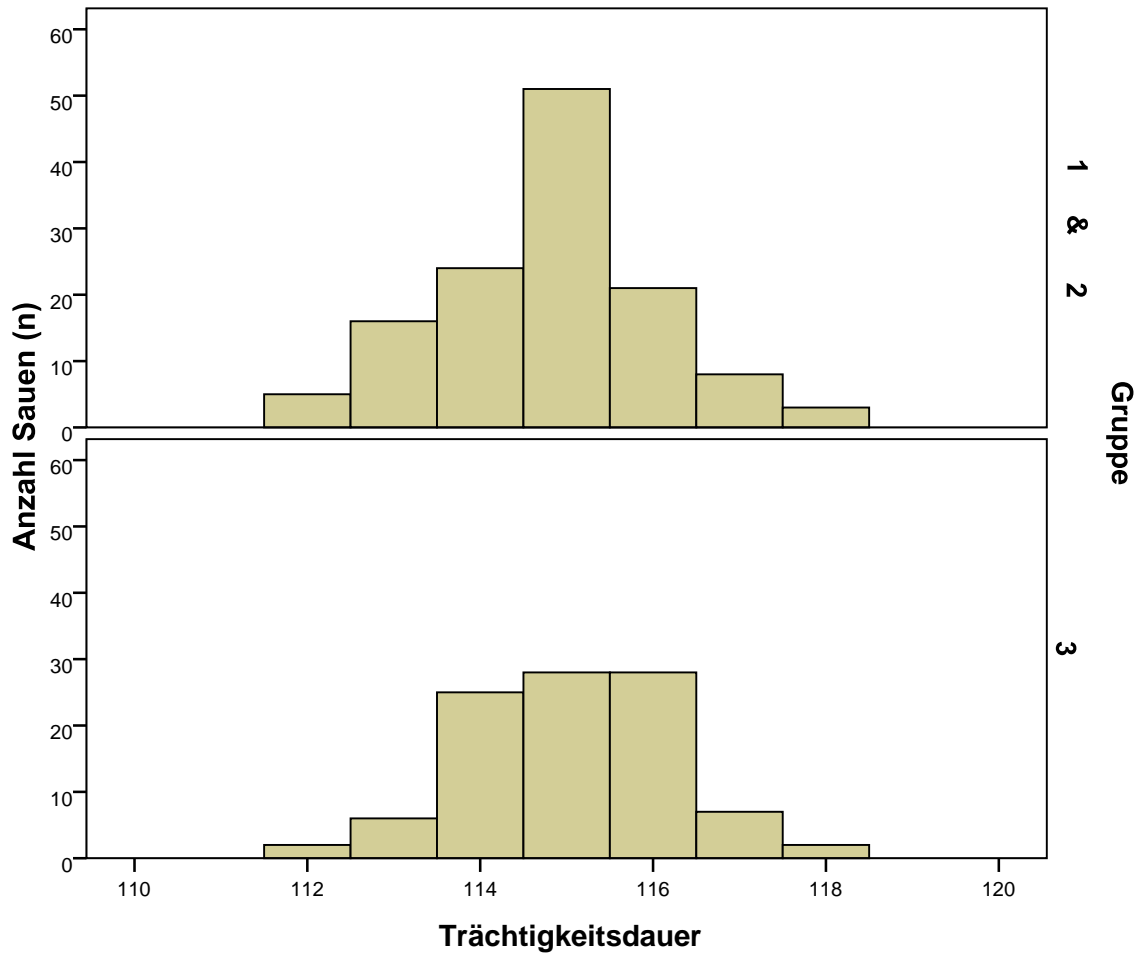


Abbildung 2: Anteil der Tiere (%) mit verschiedenen Trächtigkeitsdauern in Gruppe 1&2 und in Gruppe 3

Beim Vergleich der Trächtigkeitsdauern zwischen den Betrieben wird die mittlere Trächtigkeitsdauer zusammengefasst für alle Gruppen mit Ausnahme von Gruppe 4 aufgeteilt nach Betrieben verwendet (s. Tabelle 38). Am kürzesten ist die mittlere Trächtigkeitsdauer in Betrieb 3 mit 114,58 Tagen und am längsten in Betrieb 4 mit 115,38 Tagen. Die mittleren Trächtigkeitsdauern unterscheiden sich nicht zwischen allen Betrieben ($p > 0,08$).

Tabelle 38: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Trächtigkeitsdauer der Betriebe aller Versuchsgruppen mit Ausnahme von Versuchsgruppe 4

Betrieb	N	MW	SD	Min	Max
2	76	114,86	1,43	112	117
3	50	114,58	1,11	112	116
4	48	115,38	1,54	112	118
5	52	114,88	0,64	113	116
alle Betriebe	226	114,91	1,25	112	118

Zuletzt wird die Dauer der Trächtigkeit innerhalb der Betriebe zwischen den einzelnen Durchgängen verglichen.

Tabelle 39: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Trächtigkeitsdauer der Betriebe aller Versuchsgruppen mit Ausnahmen von Versuchsgruppe 4 aufgeteilt nach Durchgang 1 und 2

Betrieb	Durchgang	n	MW	SD	Min	Max
2	1	33	115,42	1,25	113	117
	2	25	114,36	1,52	112	116
3	1	27	114,15	1,06	112	116
	2	23	115,09	0,95	113	116
4	1	23	115,04	1,33	113	118
	2	25	115,68	1,67	112	118
5	1	30	114,93	0,64	113	116
	2	22	114,82	0,40	114	115
alle Betriebe	Durchgang 1&2	208	114,95	1,25	112	118

3.3. Trächtigkeitsdauer < 113 Tage vgl. > 113 Tage

Die Tiere, die eine Trächtigkeitsdauer von weniger oder genau 113 Tagen hatten, wurden mit den Tieren, die über 113 Tagen trüchtig waren verglichen. Es wurde zwischen den einzelnen Gruppen verglichen. In der Gegenüberstellung der Tiere der Gruppe 1&2 hatten 16,4% Tiere der eine Trächtigkeitsdauer von ≤ 113 Tagen (s. Tabelle 40). In Versuchsgruppe 3 wiesen 8,2% der Tiere eine kurze Trächtigkeit auf. Dieser Vergleich war nicht signifikant ($p = 0,074$). Im Vergleich der Kontrollgruppe mit der

Gruppe 4 hatten 9,6% der Tiere eine Trächtigkeitsdauer von ≤ 113 Tagen ($p > 0,05$).

Tabelle 40: Verteilung der Trächtigkeitsdauer von ≤ 113 und > 113 Tagen innerhalb der Gruppen

Gruppe	Trächtigkeitsdauer		gesamt
	≤ 113 Tage	> 113 Tage	
1&2	21	107	128
3	8	90	98
4	7	66	73
gesamt	36	263	299

4. Abferkelergebnisse

4.1. Gesamt geborene Ferkel

Das Ziel der Auswertung dieses Parameters war es, festzustellen, ob die Anwendung von Buserelin einen Einfluss auf die Anzahl der gesamt geborenen Ferkel hat. Des Weiteren sagt nur dieser Wert etwas über den Besamungserfolg aus.

Es wurden im ersten Schritt die gesamt geborenen Ferkel je Versuchsgruppe berechnet (s. Tabelle 41) und verglichen. Die Mittelwerte der insgesamt geborenen Ferkel unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Versuchsgruppen ($p > 0,05$).

Tabelle 41: Mittelwerte der Anzahl gesamt geborener Ferkel pro Sau aufgeteilt nach Gruppe

Gruppe	N	MW	SD	Min	Max
1,0	79	15,22	3,675	7	24
2,0	84	15,35	3,804	4	23
3,0	127	14,80	3,794	3	25
4,0	89	15,30	3,005	8	23
gesamt	379	15,13	3,594	3	25

Um zu ermitteln, wie groß der Einfluss des Betriebes ist, wurde zusätzlich eine univariaten Varianzanalyse mit der Gruppe, Betrieb und Durchgang als festen Faktor, dem Betrieb als zufälligen Faktor und Durchgang als Kovariate berechnet. Als fester Faktor wurde die Behandlungsgruppe und als zufälliger Faktor der Betrieb festgelegt. Dabei ergab sich, dass die Anzahl der insgesamt geborenen Ferkel nicht signifikant mit der Behandlungsgruppe assoziiert ist, jedoch der Betrieb einen Effekt auf die Anzahl der gesamtgeborener Ferkel pro Betrieb hat. Die Mittelwerte der Betriebe unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$) (s. Tabelle 42).

Tabelle 42: Mittelwerte der Anzahl gesamt geborener Ferkel pro Sau aufgeteilt nach Betrieb

Betrieb	n	MW	SD	Min	Max
1	81	13,785	0,43	4	21
2	110	15,869	0,35	7	24
3	50	16,562	0,55	9	22
4	48	16,065	0,57	3	25
5	90	14,626	0,42	6	22
gesamt	379	15,13	3,59	3	25

4.2. Ferkelindex und Abferkelrate

Der Ferkelindex (FI) ermöglicht eine kombinierte Aussage über die Herdenfruchtbarkeit. Für die Berechnung des Indexes wurde im ersten Schritt die Anzahl der gesamt geborenen Ferkel und im zweiten Schritt die Abferkelrate ermittelt.

Abferkelrate

Für die Auswertung der Abferkelrate wurden die verschiedenen Versuchsgruppen aller Betriebe zusammengefasst und miteinander verglichen. Die Abferkelrate in Gruppe 1 liegt bei 79,0%. Die Gruppen 2, 3 und 4 haben jeweils eine Abferkelrate von 84,0%, 90,7% und 89,0% (s. Tabelle 43). Im Anschluss wurde ein Vergleich der Abferkelraten zwischen den Betrieben und den einzelnen Gruppen durchgeführt.

Tabelle 43: Anzahl der Abferkelungen nach Erstbesamung der verschiedenen Gruppen

		Gruppe				gesamt
		1	2	3	4	
Abferkelung nach Erstbesamung	Ja	79	84	127	89	279
	Nein	21	16	13	11	61
Gesamt		100	100	140	100	440

Vergleich der Abferkelraten innerhalb der Gruppen

Es erfolgte ein Vergleich der einzelnen Gruppen miteinander. Vergleicht man die Abferkelraten der Tiere in den Gruppen 1 und 3 so unterscheiden diese sich signifikant ($p=0,013$). Im Vergleich der Abferkelraten der Tiere der Gruppe 1 mit der Gruppe 2 ($p=0,277$) und der Gruppe 4 ($p=0,082$) weisen diese keine signifikanten Unterschiede auf (Tabelle 44).

Vergleich der Abferkelraten zwischen den Betrieben

Zwischen den Betrieben variieren die Abferkelraten zwischen 80 und 87%. In der statistischen Auswertung zeigte sich, dass der Betrieb keinen Einfluss auf die Abferkelrate nimmt ($p>0,05$).

Tabelle 44: Anzahl der Abferkelungen nach Erstbesamung der verschiedenen Betriebe ohne die Tiere der Gruppe 4

		Betrieb					gesamt
		1	2	3	4	5	
Abferkelung nach Erstbesamung	Ja	65	75	10	48	52	250
	Nein	9	11	50	12	8	90
Gesamt		74	86	60	60	60	340

Ferkelindex

In der folgenden Tabelle (s. Tabelle 45) wurden die Indices in den verschiedenen Gruppen über alle Betriebe aufgeführt.

Tabelle 45: Mittelwerte der Ferkelindices der jeweiligen Gruppe

Gruppe	Ferkelindex
1	1212
2	1289
3	1342
4	1362

4.3. Differenz zwischen Trächtigkeitsrate und Abferkelrate

Die Prozentzahl der Tiere, die bei der Ultraschalluntersuchung ein positives Trächtigkeitsergebnis hatten, ergibt die Trächtigkeitsrate. Die Differenz zwischen trächtig gescanntem und den Tieren, die tatsächlich zur Abferkelung (Abferkelrate) kamen, wurde für die Gruppen und die Betriebe berechnet (Tabelle 46).

Tabelle 46: Differenz zwischen trächtig gescanntem und tatsächlich abgeferkelten Sauen der einzelnen Betriebe

Betrieb	Differenz zwischen Trächtigkeits- und Abferkelrate
1	3,2%
2	4,3%
3	3,3%
4	5,0%
5	2,0%
gesamt	3,5%

Im nächsten Schritt wurde die Differenz für die einzelnen Gruppen berechnet. In die Auswertung wurden nur die Gruppen 1 bis 3 eingeschlossen, aufgrund der veränderten und damit nicht vergleichbaren Versuchsdurchführung in Gruppe 4 (Tabelle 47).

Tabelle 47: Differenz zwischen trächtig gescanntem und tatsächlich abgeferkelten Sauen je Gruppe

Gruppe	Differenz zwischen Trächtigkeits- und Abferkelrate
1	3,0%
2	4,0%
3	5,7%

5. Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Besamung und der Abferkelung

Im Folgenden wurde in der Statistik auf Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parameter untersucht.

5.1. Vergleich Duldung mit Trächtigkeitskontrolle

Es besteht auf einem Niveau von 0,05 ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Duldung mit der sich drei bis vier Wochen später anschließenden Trächtigkeitskontrolle. 209 von 226 Tieren, die eine sehr gute Duldung zeigten, sind anschließend trächtig geworden (s. Tabelle 48). Bei 17 von 226 Tieren, die sehr gut geduldet haben, konnte keine Trächtigkeit festgestellt werden. Der geringe Korrelationskoeffizient deutet auf eine gering zu beurteilende Korrelation hin ($r= 0,202$). Die statistische Auswertung zeigt, dass die Tiere, die gut geduldet haben, anschließend auch trächtig geworden sind.

Tabelle 48: Vergleich des Parameter Duldung mit Trächtigkeitskontrolle

Trächtigkeitskontrolle	Duldung			gesamt
	keine	gut	sehr gut	
0	2	16	17	35
1	2	64	209	275
Gesamt	4	80	226	310

Vergleich Trächtigkeitskontrolle mit Duldung Gruppe 1&2

Bei der sich anschließenden Betrachtung der Tiere der Gruppe 1&2 erhält man ebenfalls auf einem Niveau von 0,05 einen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p < 0,001$). Bei einer sehr guten Duldung sind anschließend 135 von 149 Tieren trächtig geworden (s. Tabelle 49). Der geringe Korrelationskoeffizient deutet auf eine gering zu beurteilende Korrelation hin ($r= 0,292$).

Tabelle 49: Vergleich von Duldung mit Trächtigkeitskontrolle in Gruppe 1&2

Trächtigkeitskontrolle	Duldung			gesamt
	keine	gut	sehr gut	
0	1	15	14	30
1	0	34	135	169
Gesamt	1	49	149	199

Vergleich Trächtigkeitskontrolle mit Duldung in Gruppe 3

In der Kontrollgruppe sind 74 von 77 Tieren, die sehr gut geduldet haben, trächtig geworden (s. Tabelle 50). Es sind vier Tiere, die zum Zeitpunkt der Besamung geduldet haben, nicht trächtig geworden. Zwischen dem

Parameter Trächtigkeitskontrolle und dem Parameter Duldung besteht in der Kontrollgruppe ebenso ein statistisch signifikanter Zusammenhang. ($p= 0,05$). Der geringe Korrelationskoeffizient deutet auf eine sehr gering zu beurteilende Korrelation hin ($r= 0,068$).

Tabelle 50: Vergleich der Duldung mit der Trächtigkeitskontrolle in Gruppe 3

Trächtigkeitskontrolle	Duldung			gesamt
	keine	gut	sehr gut	
0	1	1	3	5
1	2	30	74	104
gesamt	3	31	77	111

5.2. Zusammenhang zwischen Duldungsscore und Trächtigkeitsdauer

Der Gesamtduldungsscore und die Dauer der Trächtigkeit wurden auf einen Zusammenhang überprüft. Gruppe 1 und 2 wurde zusammengefasst ausgewertet. Sowohl für die Berechnung der Korrelation für die Gruppe 1&2 und die Gruppe 3 kann jeweils kein signifikanter Zusammenhang berechnet werden ($p > 0,05$).

5.3. Korrelation der Duldung mit weniger als acht geborene Ferkel

Es erfolgt eine Auswertung im Rahmen der Fragestellung, ob die Stärke der Duldung einen statistisch signifikanten Einfluss bzw. Zusammenhang mit der Anzahl der geborenen Ferkel hat. Die Frage lautet, ob die Sauen, die zum Zeitpunkt der Besamung schlecht geduldet haben, kleinere Würfe (weniger als acht geborene Ferkel) aufweisen. 71,4% der Tiere aller Versuchsgruppen, die schlecht geduldet haben, hatten einen Wurf mit weniger als acht Ferkeln. Es besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer schlechten Duldung und einer kleinen Wurfgröße ($p= 0,009$).

5.4. Vergleich von Rückfluss mit Trächtigkeitskontrolle

Im Vergleich des Auftretens von Rückfluss im Vergleich mit dem Ergebnis der Trächtigkeitskontrolle. Es sind 10,1% (28 Tiere) der Tiere, die einen geringgradigen Rückfluss zeigten und anschließend trächtig waren. In der Gruppe der Tiere, die einen hochgradigen Rückfluss zeigten, waren 2,5%

der Tiere (Tabelle 51) anschließend trotzdem trächtig. In der Überprüfung auf Signifikanz, zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Rückfluss und dem Ergebnis der Trächtigkeitskontrolle ($p > 0,05$).

Tabelle 51: Ergebnis der Trächtigkeitskontrolle im Vergleich zum Spermarückfluss

Trächtigkeitskontrolle	Rückfluss			gesamt
	0	1	2	
0	33	1	1	35
1	241	28	7	276
Gesamt	274	29	8	311

V. DISKUSSION

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es den Einsatz des GnRH-Analogons Buserelin (Porceptal[®]) zur Ovulationssynchronisation und anschließender einmaliger künstlicher Besamung bei Sauen zu untersuchen. Die Tiere der Kontrollgruppe wurden mit einer Kombination aus eCG und Gonadorelin (GnRH-Analogon) behandelt und anschließend dreimal besamt. Beide Verfahren sind zur terminorientierten Besamung beschrieben und zugelassen. Es wurden Rausche- und Besamungsparameter erfasst. Aus diesen Werten wurde ein Gesamtduldungsscore errechnet. Dieser Messwert ermöglicht eine Aussage über die Qualität der Rauscheinduktion durch das Präparat Porceptal[®] in den verschiedenen Gruppen. Im Rahmen der Besamung wurden die Ansauggeschwindigkeit, der Druck mit dem das Einsaugen des Spermas unterstützt wurde und der Spermarückfluss statistisch ausgewertet. Im nächsten Schritt wurden die Tiere auf das Vorhandensein einer Trächtigkeit untersucht. Die Trächtigkeitsdauer wurde anhand des Besamungs- und Abferkeldatums berechnet. Der Einfluss von Buserelin auf den mutmaßlichen Zeitpunkt der Ovulationen konnte somit anschließend beurteilt werden. Des Weiteren wurden Abferkelparameter wie die Anzahl der gesamt geborenen Ferkel festgehalten, um daraus im Anschluss in Kombination mit der Abferkelrate den Ferkelindex berechnen zu können. Zuletzt wurden die in dieser Studie erfassten Parameter auf Korrelationen untereinander bewertet.

1. Ovulationssynchronisation mit Porceptal[®]

In Deutschland hat die Nutzung der Biotechnologie in der Schweineproduktion zur Steuerung des Zyklus eine lange und erfolgreiche Geschichte (BRÜSSOW und WÄHNER, 2011). Es wurden verschiedenste Methoden wissenschaftlich erprobt und praktisch genutzt. Die Ovulationssynchronisation mit einem GnRH-Analogon ist nur eine von vielen Varianten. So hat sich bereits in einigen Studien gezeigt, dass die verschiedenen GnRH-Analoga (BRÜSSOW et al., 2007; STEWART et al.,

2010; KNOX et al., 2014) genauso zuverlässig die Ovulation induzieren, wie vergleichbare Präparate. In unterschiedlichen Studien wurden Kombinationen von eCG/hCG (VARGAS et al., 2006), eCG und GnRH (BRÜSSOW et al., 1996) und ein GnRH-Analogon im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe (FRIES et al., 2010) untersucht. Die Zuverlässigkeit in der Ovulationsinduktion ist in diesen Studien nachgewiesen. Die Eignung von GnRH und seinen Analoga zur Ovulationssynchronisation zeigte sich auch im Einsatz des Analogons Buserelin (MÖLLER-HOLTKAMP et al., 1995). In einer Studie, in der Buserelin bzw. GnRH bei Jungsaunen eingesetzt wurde, ergaben sich jedoch deutlich schlechtere Fruchtbarkeitsergebnisse (DRIANCOURT et al., 2013), als in der duldungsorientiert besamten Vergleichsgruppe. Der Zyklus der Jungsaunen läuft noch nicht zuverlässig ab und daraus ergeben sich Schwierigkeiten in der Zyklussteuerung und in der Fruchtbarkeit. Dies zeigte sich in einer an präpuperalen Jungsaunen durchgeführten Studie, in der die Fruchtbarkeitsergebnisse nach einer terminorientierten KB reduziert waren (HOLTZ et al., 1999). In der Studie von MARTINAT-BOTTE et al. (2010) zeigten sich deutlich bessere Ergebnisse, wenn die Jungsaunen zuvor mit eCG behandelt wurden. In der selben Studie konnte gezeigt werden, dass die Ovulationen schlechter synchronisiert waren, wenn die Zeitabstände zu groß waren. In der Anwendung von GnRH bei zyklischen Jungsaunen ist es entscheidend ein effektives Protokoll zu nutzen, um erfolgreich eine terminorientierte KB durchführen zu können (DE RENSIS und KIRKWOOD, 2016). Aufgrund der Besonderheiten bei Jungsaunen, die eine objektive Beurteilung der Wirksamkeit von Buserelin erschweren, wurden diese aus der vorliegenden Studie ausgeschlossen.

1.1. Ergebnisse der Beurteilung der Rausche

Im Durchschnitt kommen die Saunen vier bis fünf Tage nach dem Absetzen der Ferkel in die Brunst. Zu den äußerlich zu beobachtenden Brunstsymptomen gehören die Rötung und Schwellung der Vulva, das Aufstellen der Ohren und das Stehenbleiben bei Anwesenheit eines Ebers (SCHNURRBUSCH, 2006). Diese und weitere Merkmale wurden für die Buserelin behandelten Versuchsgruppen und für die Kontrollgruppe erfasst und in der Auswertung zu einem Gesamtduldungsscore

zusammengefasst. Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer Bewertung, wie gut die Duldung der Tiere zum Zeitpunkt der Besamung war.

1.2. Gesamtduldungsscore

Wie bereits in vorhergehenden Studien zu erkennen war, wird durch Buserelin zuverlässig die Ovulation und damit die Rausche induziert (KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014). Dieses Resultat konnte in dieser Arbeit ebenfalls bestätigt werden. So lag der Gesamtduldungsscore der Tiere der Buserelin-behandelten Gruppen signifikant höher als in der Kontrollgruppe ($p= 0,013$). Des Weiteren zeigte sich, dass durch die Anwendung von Buserelin eine kleinere Streuung des Duldungsscores erreicht wird. Die Streuung des Gesamtduldungsscore ist in der Kontrollgruppe größer als in den Buserelin-Gruppen. Der Vergleich des Duldungsscore zwischen den Tieren der Versuchsgruppen ist nicht signifikant. Durch die Anwendung von Buserelin rauschen die Tiere einheitlicher in einem engeren Zeitfenster als die Kontrolltiere. Das enger gefasste Auftreten der Ovulationen konnte auch durch BRÜSSOW et al. (1996) gezeigt werden. Der einheitlicheren Östrussynchronisation liegt eine LH-Freisetzung zu Grunde. So konnte in einer Studie an männlichen Eberkastraten gezeigt werden, dass durch Buserelin mit einer fünfmal höheren LH-Freisetzung im Vergleich zu D-Phe⁶-LHRH (Gonavet[®]) zu rechnen ist (MÖLLER-HOLTKAMP et al., 1995). Durch GnRH wird des Weiteren eine Verkürzung zwischen LH-Peak und Ovulation erreicht (BRÜSSOW et al., 1996; MARTINAT-BOTTE et al., 2010). In einigen durchgeführten Studien wurden die Tiere nur dann besamt, wenn sie einen Duldungsreflex zeigten (CASSAR et al., 2005; MARTINAT-BOTTE et al., 2010; DRIANCOURT et al., 2013). Es zeigte sich jedoch, dass es keinen signifikanten Unterschied in den Fruchtbarkeitsparametern (Trächtigkeitsrate, Abferkelrate) zwischen duldungsorientiert und nicht duldungsorientiert besamten Tieren nach Synchronisation mit pLH gab (CASSAR et al., 2005).

Im Rahmen der Auswertung der Duldung und des Einflusses dieses Parameters auf die Wurfgröße konnte folgendes ermittelt werden. Es zeigte sich, dass Tiere, die schlecht duldeten, signifikant kleinere Würfe hatten ($p= 0,009$). Das galt sowohl für die Tiere der Buserelin-Gruppen,

als auch für die Tiere der Kontrollgruppe. Anhand dieser Ergebnisse ist zu diskutieren, dass trotz hormoneller Ovulationssynchronisation die Ovulationen einen nicht ganz einheitlichen Ablauf zeigen und es trotzdem wichtig zu sein scheint, dass die Tiere zum Zeitpunkt der KB eine optimale Rausche haben. Des Weiteren zeigten HÜHN und KAULFUSS (2004) die Komplexität verschiedener Einflussfaktoren auf die Wurfgröße. Es sind endogene (Ovulation und Befruchtung) und exogene (Sauenfütterung, Haltung) Einflüsse, die auf die Kapazität des Uterus als Voraussetzung für eine gute Entwicklung der Ferkel einwirken. In einer Untersuchung von MANJARIN et al. (2010) zeigte sich, dass die GnRH-Behandlung der Tiere eine gesteigerte Östrusinduktion der Sauen auslöste. Diese Resultate stimmen mit den vorliegenden Auswertungen überein, denn die Buserelin-behandelten Sauen hatten einen signifikant besseren Gesamtduldungsscore als die Kontrolltiere.

2. Beurteilung der Besamungsparameter

2.1. Besamungshäufigkeit und -zeitpunkt

Eine genaue Vorhersage des exakten Besamungszeitpunktes ist schwierig. Die Steuerung der Ovulation ist eine Möglichkeit, um eine Besamung auch ohne Duldung vergleichend zum Ovulationszeitpunkt durchführen zu können (MARTINAT-BOTTE et al., 2010). Daraus ergibt sich dann die Möglichkeit einer Besamung zu einem festgelegten Zeitpunkt (BRÜSSOW und WÄHNER, 2011). In einer Studie von CASSAR et al. (2005) zeigte sich kein signifikanter Einfluss einer zusätzlichen zweiten Besamung auf die Trächtigkeitsrate. Trotz des Wissens um den wahrscheinlich zu erwartenden Ovulationszeitpunkt nach einer hormonellen Synchronisation, zeigt sich, dass die individuellen Schwankungen im Auftreten dieses Zeitpunktes einen nicht zu unterschätzenden Einfluss haben (BRÜSSOW et al., 1996). Ziel ist es, die Besamung möglichst nahe in einem Zeitraum von 28h vor bis vier Stunden nach dem Auftreten der Ovulationen durchzuführen (NISSEN et al., 1997). NISSEN et al. (1997) zeigten, dass bei einer einmaligen KB, die zu einem ungeeigneten Zeitpunkt durchgeführt wird, mit hoher Wahrscheinlichkeit schlechtere Trächtigkeitsergebnisse zu erwarten sind. Es kommt zu einer

Überalterung der Spermien, wenn die Besamung zu weit vor der Ovulation durchgeführt wird (NISSEN et al., 1997). Bei der Besamung nach der Ovulation (ROZEBOOM et al., 1997), kommt es zu einer Überalterung der Eizellen. In der Folge ist mit schlechteren Trächtigkeitsergebnissen zu rechnen. Mit einer mehrfachen Besamung können individuelle Schwankungen des Intervalls zwischen Östrusbeginn und Ovulation besser ausgeglichen werden, da dadurch sichergestellt werden kann, dass zum Zeitpunkt der Ovulation befruchtungsfähige Spermien vorhanden sind. Da beispielsweise eine sonographische Ovulationskontrolle nicht praktikabel ist, wird auch zukünftig die mehrfache Besamung das Verfahren der terminorientierten Besamung bleiben.

2.2. Anwesenheit eines Stimulierebers und Einfluss auf den Besamungserfolg

Die Anwesenheit eines Ebers und der positive Einfluss durch das Tier wird kontrovers diskutiert. In der vorliegenden Studie wurde in allen Betrieben ein Eber zur Stimulation während der Besamung eingesetzt. In verschiedenen Studien, in denen der Einfluss eines Ebers untersucht wurde, zeigten sich unterschiedliche Ergebnisse. In der Studie von LANGENDIJK et al. (2003), in der verschiedene Stimulationsmaßnahmen wie Eber, Reittest, Eberspray eingesetzt und beurteilt wurden, zeigte sich, dass nur in Kombination von Reittest und Stimuliereber eine Oxytocinfreisetzung induziert werden konnte. Der Einsatz von Rückendruck und Eberspray hatte dagegen keinen Einfluss auf die Freisetzung von Oxytocin. Die natürliche Stimulation durch einen Eber kann nicht ersetzt werden. GERRITSEN et al. (2005) stellte fest, dass durch einen Stimuliereber ein deutlich besserer Duldungsreflex ausgelöst wird, als durch einen, den lebenden Eber simulierenden Eberroboter. Es ist somit davon auszugehen, dass durch die Stimulierhilfen wie Eberspray und Besamungsbügel die Rausche zwar unterstützt wird, aber auf einen Eber zur Stimulation der Sauen nicht verzichtet werden kann.

2.3. Spermaportion

Neben dem Abstand zwischen Besamung und Ovulation spielt die Anzahl der Spermien in der Portion, wie auch die Qualität des Spermas sowie die darauf Einfluss nehmenden Faktoren eine wichtige Rolle. Die

vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich anhand der Unterschiede in den Umrauscherquoten der Tiere der Buserelin-Gruppe 1 (180 Mio. Spermien) und 2 (360 Mio. Spermien) der Einfluss der Spermienanzahl in der Portion auf den Befruchtungserfolg auswirkt. Die Trächtigkeitsrate der Tiere der Gruppe 2 lag bei 12% und damit niedriger als die Trächtigkeitsrate der Tiere der Gruppe 1 (18%). Die Anzahl der trächtigen Tiere unterscheiden sich in den Gruppen 2 ($p=0,107$) und 4 ($p=0,154$) nicht signifikant von Gruppe 1. Eine einmalige transzervikale KB mit einer reduzierten Spermienanzahl ($1,25 \times 10^9$) kann, wie in einer Studie von GARCIA et al. (2007) zu sehen war, zu einer schlechteren Abferkelrate führen. In einer Studie von ALM et al. (2006) zeigte sich, dass bei einer reduzierten Spermienanzahl (2×10^9 im Vergleich zu 3×10^9 Spermien) mit niedrigeren Trächtigkeitsraten zu rechnen ist. Mit zunehmender Spermienzahl steigt dagegen die Anzahl der Embryonen und die Anzahl der Spermien im Spermienreservoir (STEVERINK et al., 1997). In einer weiteren Studie zeigte sich, dass die Anzahl der Spermien im Reservoir einen signifikanten Zusammenhang mit dem anschließenden Vorhandensein von lebensfähigen Embryonen hat (SOEDE et al., 1995b). Eine einmalige Besamung führte zu einem niedrigen akzessorischen Spermienreservoir und in der Folge zu weniger lebenden Embryonen pro Wurf (SOEDE et al., 1995b). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Anzahl normal entwickelter Embryonen mit zunehmenden Besamungs-Ovulations-Intervall sinkt (SOEDE et al., 1995b). Das deutet darauf hin, dass die Alterung der Spermien zum Zeitpunkt der Ovulation schon weit fortgeschritten war (SOEDE et al., 1995b). In einer Studie konnte festgestellt werden, dass die Überlebensfähigkeit von Spermien im Genitaltrakt bei 36 Stunden liegt (CABRAL et al., 2006). Eine weitere Studie vermutete bei niedrigeren Spermiodosierungen einen längeren Spermientransport bis zum Ort der Befruchtung als Ursache für höhere embryonale Verluste (WOLKEN, 2001). Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit einer einmaligen Besamung zufriedenstellende Trächtigkeitsergebnisse nur erreicht werden können, wenn sich zum Zeitpunkt der Ovulation ausreichend Spermien im Ovidukt befinden. Dies ist ebenfalls in anderen Studien beschrieben (GARCIA et al., 2007). Dieses Ziel wird nur unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie

vor allem des Besamungs-Ovulations-Intervalls, der Besamungshäufigkeit, der Spermienanzahl und den Ort der Spermienablage erreicht (GARCIA et al., 2007). So zeigten SOEDE et al. (1995b), dass mit einer zweiten Besamung mehr befruchtungsfähige Spermien zum Besamungszeitpunkt vorhanden sind. Mutmaßlich erreichen durch die in der vorliegenden Studie erhöhte Anzahl von Spermien in der Besamungsportion (360 Mio.) der Gruppe 2 mehr vitale Spermien den Ort der Befruchtung. Die Qualität einer Spermaportion wird weiterhin durch verschiedene Faktoren wie Alter der Spermaportion und Lagerung beeinflusst. Eine verminderte Spermienmorphologie (<70%) hat einen direkten Zusammenhang mit einer erhöhten Umrauscherquote (ALM et al., 2006). Die schlechte Morphologie kann durch eine erhöhte Spermienmenge kaum kompensiert werden (ALM et al., 2006). Durch den Einsatz von Verdüner hat sich die Lagerfähigkeit von Spermaportionen deutlich verbessert. Mit fortschreitender Lagerdauer sinkt die Fruchtbarkeitsrate jedoch deutlich (JOHNSON et al., 2000). Neben der Spermaportion scheint das richtige Inseminations-Ovulations-Intervall eine entscheidende Rolle zu spielen. So zeigten STEVERINK et al. (1997), dass unabhängig von der Konzentration der Spermien in der Portion, der richtige Abstand zur Ovulation einen signifikanten Einfluss auf die Befruchtungsrates hat. Diese sinkt deutlich ab, wenn der Abstand von 12-24h auf 24-36h erhöht wird. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kamen SOEDE et al. (1995b). Hat die Ovulation bereits stattgefunden und ist die Alterung der Eizellen zum Zeitpunkt der KB schon weit fortgeschritten, hat dies schlechtere Trächtigkeitsergebnisse zur Folge (SOEDE et al., 1995a). Bei Betrachtung von Seiten einer Überalterung der Spermien werden ähnliche Beobachtungen gemacht. Wird die Besamung zu früh vor der Ovulation durchgeführt, ist ebenso mit einem reduzierten Befruchtungserfolg zu rechnen (WABERSKI et al., 1994; SOEDE et al., 1995a). Die Spermien erreichen ihre Befruchtungsfähigkeit nach der Kapazitation, die zwei bis vier Stunden nach der Besamung stattfindet (SAFRANSKI und COX, 2007; SCHNURRBUSCH, 2007). Bei einer präovulatorischen Besamung bis zu 24h vorher werden die besten Befruchtungsergebnisse erzielt (SOEDE et al., 1995a; STEVERINK et al., 1997; BORTOLOZZO et al., 2005). Die Besamung erfolgt idealerweise 16-24h nach Auftreten des

Duldungsreflexes (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). ALM et al. (2006) konnten einen statistisch signifikanten Zusammenhang der Spermienmorphologie mit der Trächtigkeitsrate und der Wurfgröße herstellen. Jedoch zeigte sich in derselben Untersuchung, dass durch eine größere Spermamenge eine schlechte Spermaqualität nicht ausgeglichen werden kann (ALM et al., 2006). In der zugrunde liegenden Studie ergab sich, dass die einmalige Besamung mit einer üblichen Spermakonzentration nur unzureichende Trächtigkeitsergebnisse liefert und auch mit einer höher konzentrierten Dosis, die Ergebnisse im Vergleich zur Kontrollgruppe noch immer deutlich schlechter sind.

2.4. Ansauggeschwindigkeit

Der Transport des Spermias durch den Uterus wird durch die Kontraktionen des Myometriums gesteuert (SOEDE, 1993). Die Besamung dauert etwa drei bis 15 Minuten und unterliegt großen zeitlichen Schwankungen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Die Uteruskontraktionen werden durch eine Östrogen-gesteuerte Oxytocin-Freisetzung ausgelöst (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine schnelle Bereitstellung der Spermien am Ort der Befruchtung ist die Voraussetzung für einen guten Besamungserfolg. Die Ansauggeschwindigkeit ist ein messbarer Parameter für die uterine Aktivität zum Zeitpunkt der Besamung. LANGENDIJK et al. (2002b) fanden heraus, dass die myometriale Aktivität vor und während der Brunst erhöht ist. In einer weiteren Studie von LANGENDIJK et al. (2002a) zeigte sich, dass durch eine erhöhte Kontraktibilität der Gebärmutter, induziert durch Cloprostenol, kein schnelleres Ansaugen des Spermias erreicht wird. Es ist ein entgegengesetzter Effekt zu beobachten. Durch die Anwendung eines Tokolytikums (Clenbuterol) wird die Ansauggeschwindigkeit verkürzt, da die Erschlaffung des Uterus für den Spermientransport genauso wichtig ist (LANGENDIJK et al., 2002a). LANGENDIJK et al. (2002a) konnten jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen feststellen. Die uterinen Kontraktionen werden durch äußere Faktoren wie beispielsweise die Anwesenheit eines Stimulierebers induziert (SOEDE, 1993). Diese Feststellung wird durch die Ergebnisse von WILLENBURG et al. (2003) unterstützt, dass durch das Besamen ohne einen Stimuliereber und ohne

Rückendruck der Spermarückfluss erhöht ist, es jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Befruchtungsrates und die Qualität der Embryonen hat. So lagen die Ansauggeschwindigkeiten in dieser Studie bei 3:40 Minuten in der Gruppe mit Eber und bei 4:00 Minuten in der Gruppe ohne Eber (WILLENBURG et al., 2003). In der vorliegenden Studie lagen die Mittelwerte der Ansauggeschwindigkeit bei 3:53 Minuten in Gruppe 1&2 und bei 4:16 Minuten in der Kontrollgruppe und damit auf einem vergleichbaren Niveau. Bei der Betrachtung der Werte sind einzelne Ausreißer nach oben und nach unten zu sehen. Bei der Betrachtung der Ansaugaktivität zwischen den Gruppen war jedoch kein signifikanter Unterschied festzustellen und somit kann kein Rückschluss auf eine höhere oder bessere myometriale Aktivität im Rahmen der Ovulationssynchronisation durch Buserelin beobachtet werden.

2.5. Rückfluss

Nach der Spermaablage in der Zervix muss eine ausreichende Zahl an befruchtungsfähigen Spermien bis an den Ort der Befruchtung, das vordere Drittel des Eileiters, gelangen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994b). Eine große Menge Spermarückfluss während der Besamung reduziert die Befruchtungschancen (LANGENDIJK et al., 2002a) und die Anzahl der gesamt geborenen Ferkel (ULGUIM et al., 2016). Andererseits konnten STEVERINK et al. (1998) feststellen, dass bei allen untersuchten Tieren (n=140) ein Rückfluss zu finden war. In weiteren Studien konnte beobachtet werden, dass bei einer Vielzahl von Tieren ein Rückfluss von Sperma vorhanden war (MEZALIRA et al., 2005; HERNÁNDEZ-CARAVACA et al., 2012). War in der vorliegenden Studie bei den Tieren nach der künstlichen Besamung ein Rückfluss von Sperma festzustellen, so wurde das Auftreten in einem Ranking bewertet und ausgewertet. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren der Buserelin-Gruppen und den Kontrolltieren ermittelt werden. In Gruppe 1&2 hatten 11,5% der Tiere im Vergleich zu 5,4% der Tiere aus Gruppe 3 einen mittelgradigen Spermarückfluss. Die Tiere der Buserelin-Gruppen hatten tendenziell, jedoch nicht signifikant, vermehrten Spermarückfluss. In einer Studie von LANGENDIJK et al. (2002a) zeigte sich durch die Stimulation von Kontraktionen des Myometriums ein erhöhter Spermarückfluss. In der

Folge war bei diesen Tieren eine niedrige Befruchtungsrate zu beobachten (LANGENDIJK et al., 2002a). Somit könnte der Schluss gezogen werden, dass die Tiere der Buserelin-Gruppen eine etwas höhere myometriale Aktivität hatten, als die Kontrolltiere. Die Studie von STEVERINK et al. (1998) zeigte, dass ein starker Spermarückfluss, vor allem bei Besamung mit einer niedrigen Spermienzahl (1×10^9) die Befruchtung negativ beeinflusst. In derselben Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass aus einer großen Rückflussmenge (70%) nicht auf eine schlechtere Befruchtungsrate zu schließen ist, da in der während und nach Besamung zurückfließenden Menge nur 25% Spermien enthalten waren. Ein vergleichbares Ergebnis konnte in einer Untersuchung von MEZALIRA et al. (2005) festgestellt werden. Es zeigte sich, dass dort in einer hohen Rückflussmenge (2/3 des Volumens) nur 15% Spermien enthalten waren. Somit können die schlechteren Trächtigkeitsergebnisse der vorliegenden Studie in Gruppe 1&2 mit einem erhöhten Rückfluss nur bedingt in Zusammenhang gebracht werden.

3. Ergebnisse der Trächtigkeitskontrolle

Das Ovulationssynchronisationsprogramm mit dem GnRH-Analogen Buserelin und einer einmaligen KB führte in den Betrieben der vorgelegten Studie zu einer erhöhten Anzahl nicht trächtiger Sauen in den Buserelin-Gruppen. In Gruppe 1 lag die Trächtigekeitsrate bei 18% und in Gruppe 2 bei 12%. In der Kontrollgruppe waren 3,6% der Tiere zum Zeitpunkt der Trächtigkeitskontrolle nicht trächtig. In der Gruppe 4 waren 11% der Tiere nicht trächtig. In der statistischen Auswertung sind die Tiere der Kontrollgruppe signifikant häufiger trächtig, als in der Buserelin-Gruppe 1. Die Tiere der Buserelin-Gruppe 2 und 4 unterscheiden sich nicht signifikant in der Trächtigekeitsrate zu den Tieren der Gruppe 1. Die Befruchtungsraten waren bei Buserelin-behandelten Tieren (KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014) deutlich besser, als in der vorliegenden Untersuchung. In der Studie von MARTINAT-BOTTE et al. (2010) zeigte sich, dass innerhalb von 24h nach der Buserelin-Injektion 100% der Tiere ovulierten. In weiteren Untersuchungen ovulierten die Sauen alle in einem Zeitfenster von 32 bis 44 Stunden nach Buserelin-Injektion (CASSAR et

al., 2005; DRIANCOURT et al., 2013). Somit stellt sich die Frage, ob die 30-33h nach Buserelin-Injektion durchgeführte terminorientierte Besamung zu einem zu späten Zeitpunkt kommt und daraus die schlechteren Trächtigkeitsraten in den Gruppen 1 und 2 resultieren. In Gruppe 4 wurden die Tiere bereits 24-26h nach Buserelin erstmalig besamt und es konnten tendenziell bessere Trächtigkeitsraten als in Gruppe 1 und 2 erreicht werden. Bei KNOX et al. (2014) hatten nach 48h signifikant mehr Tiere, mit dem GnRH-Analogon Triptorelin behandelt, ovuliert, als in der unbehandelten Kontrollgruppe. Des Weiteren ergibt sich durch das frühere und auf einen engeren Zeitraum begrenzte Auftreten der Ovulationen die Möglichkeit der Straffung des Ovulationszeitraumes der Sauen. Es ergibt sich daraus die Möglichkeit einer genaueren Vorhersage des geeigneten Besamungszeitpunktes. Das Ziel ist, dass zum Zeitpunkt der Ovulation befruchtungsfähige Spermien zur Verfügung stehen und dadurch letztlich hohe Befruchtungsraten erreicht werden. In der zugrunde liegenden Studie wurden alle Sauen, unabhängig davon, ob sie einen Duldungsreflex zeigten, 30-33h nach Buserelin-Gabe besamt. DRIANCOURT et al. (2013) zeigten in ihrer Buserelin-Studie, dass zu diesem Zeitpunkt nicht alle Sauen in Brunst waren. Die Autoren der Studie haben die Sauen, die nicht rauschten, nicht besamt und es ergaben sich Besamungsraten von 92% in der Buserelin-Gruppe und 97,6% in der Kontrollgruppe. Einen ähnlichen Versuchsaufbau gestalteten CASSAR et al. (2005) in ihrer Studie. Ihre Ergebnisse zeigten schlechtere Trächtigkeitsraten (82,5%, 86,4% und 89,2%) in den mit pLH behandelten Gruppen. Die Trächtigkeitsraten waren in dieser Studie jedoch besser, als die einer unbehandelten und mit eCG behandelten Kontrollgruppe. Die Berechnung der Trächtigkeitsraten der Sauen, die nach pLH-Behandlung tatsächlich besamt wurden ergaben abweichende Werte. Es waren 75,2%, 80,9% und 89,2% der Tiere, die mit pLH behandelt wurden und anschließend besamt wurden hinterher auch trächtig. In den bereits genannten Studien wurden nur die duldenden Tiere besamt und nicht alle behandelten Tiere (CASSAR et al., 2005; MARTINAT-BOTTE et al., 2010). Da in dieser zugrunde liegenden Studie alle Sauen terminorientiert besamt wurden, ergibt sich eine unterschiedliche Berechnungsgrundlage. Die Werte sind daher nur bedingt vergleichbar. Ähnliche Trächtigkeitsraten

beobachteten BRÜSSOW et al. (1996) in einer Studie mit D-Phe⁶-LHRH. Sie kamen zu dem ähnlichen Ergebnis, dass die mit GnRH behandelten Tiere (vorbehandelt mit eCG) bessere Ergebnisse als die Kontrolltiere hatten (BRÜSSOW et al., 1996). Die Besamung aller Tiere in den Buserelin-Gruppen in der hier durchgeführten Studie kann als eine Ursache für die vermehrt nicht trächtigen Sauen angesehen werden. In einer Untersuchung von KNOX et al. (2011) wurden ebenfalls alle Tiere zu einem festen Zeitpunkt besamt und die Trächtigkeitsraten lagen bei 73,3%. Allerdings gab es keinen signifikanten Unterschied zu den Kontrolltieren (80,6%). Diese Ergebnisse liegen jedoch deutlich unter den in dieser Studie von KNOX et al. (2011) für die Kontrollgruppe festgestellten Werte.

Wurden die Sauen mit Buserelin behandelt und zeigten eine gute Duldung, dann wurden diese Tiere in der Folge signifikant häufiger bei der Trächtigkeitskontrolle positiv getestet ($p < 0,001$). Bei einer guten Duldung waren die Tiere anschließend auch mit einer signifikant höheren Wahrscheinlichkeit trächtig. Haben die Sauen nicht gut geduldet, so waren sie mit großer Wahrscheinlichkeit nicht trächtig. In der Kontrollgruppe war dies ebenso der Fall ($p > 0,05$). Es zeigte sich, dass durch die Buserelin-Applikation in einer Dosierung von 10 μ g zwar ein adäquater LH-Peak und damit die nachfolgende Ovulation induziert wird (MÖLLER-HOLTKAMP et al., 1995), jedoch zeigte sich in den Versuchen dieser Studie, dass die Tiere der Gruppe in der die eCG/Gonadorelin-Kombination eingesetzt wurde, zuverlässiger trächtig wurden.

Ein weiterer Grund, der eine Erklärung für einen erhöhten Anteil nicht trächtiger Sauen in den Buserelin-Gruppen sein kann ist, dass die Umwelteinflüsse bei einer einmaligen KB einen größeren Effekt haben und dies mit der mehrfachen Besamung besser kompensiert werden kann. Der Umgang mit den Tieren (HEMSWORTH et al., 1986) und der Einsatz eines Stimulierebers (LANGENDIJK et al., 2003) nehmen Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Die hohen Temperaturen im Sinne des „Sommerloches“, welches sich vor allem im August bemerkbar macht (PELTONIEMI et al., 1999; AUVIGNE et al., 2010) und weitere Faktoren wie die Fütterung (COSGROVE und FOXCROFT, 1996) beeinflussen die Fruchtbarkeit. Die Einflüsse dieser äußeren Faktoren konnten in der zugrunde liegenden

Studie nahezu ausgeschlossen werden. Des Weiteren wurden Jungsauen nicht in die Studie eingeschlossen. In zwei Untersuchungen zeigten sich gute Fruchtbarkeitsergebnisse einer Buserelin-synchronisierten Gruppe im Vergleich zu einer Kontrollgruppe (SWARTS et al., 2012a; SWARTS et al., 2012b). Ein andere Untersuchung zeigte jedoch, dass eine erfolgreiche Zyklussynchronisation der Jungsauen vom Zeitpunkt der Buserelin-Injektion abhängig ist (MARTINAT-BOTTE et al., 2010). Wird der richtige Zeitpunkt nicht getroffen, dann hat dies schlechtere Trächtigkeitsraten zur Folge (MARTINAT-BOTTE et al., 2010). Die generelle Ursache kann, wie bereits in einigen Untersuchungen vermutet, am Grad der Follikelreife liegen. Werden unreife Follikel durch GnRH vorzeitig stimuliert, hat dies unzureichende Fruchtbarkeitsergebnisse zur Folge (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994a). So hat die Größe der Follikel zum Zeitpunkt der GnRH-Applikation einen signifikanten Einfluss auf das Eintreten der Ovulationen (KNOX et al., 2011). Andererseits ist eine Behandlung zum Östrusbeginn zu spät, da der exogene LH-Gipfel induziert wird, nachdem der endogene schon stattgefunden hat (KNOX, 2015). Es konnte in einer weiteren Studie gezeigt werden, dass durch eine alleinige GnRH-Applikation bei praepuberalen Jungsauen kein Östrus und keine Ovulation induziert werden konnten (BAKER und DOWNEY, 1975). Bessere Ergebnisse konnten durch eine vorhergehende PMSG-Verabreichung erreicht werden (BAKER und DOWNEY, 1975). Dies spricht für die wichtige Voraussetzung der ausreichenden Follikelreifung zum Zeitpunkt der GnRH-Applikation. Der nicht zu unterschätzende Einfluss verschiedener Parameter auf die Reproduktionsleistung bei Jungsauen führte zum Ausschluss dieser aus dem zugrundeliegenden Versuch.

Die Umrauscherquote der Tiere der Gruppe 4 liegt mit 11% etwas niedriger im Vergleich zu den Umrauscherquoten der Tiere der Gruppe 1 (18%) und Gruppe 2 (12%). Die Tiere ovulieren durch die Gabe von Buserelin früher und durch die erste Besamung nach 24h wird die Bereitstellung der Spermien zum Zeitpunkt der Ovulationen verbessert. Die tendenziell kürzere Trächtigkeitsdauer der Tiere in den Buserelin-Gruppen im Vergleich zu den Tieren der Kontrollgruppe unterstützt diese Vermutung. Die Kontrollgruppe hatte eine signifikant höhere Trächtigkeitsrate. Die Tiere der Gruppe 4 hatten tendenziell eine

niedrigere Umrauscherquote. In verschiedenen Studien konnten bessere Trächtigkeitsergebnisse durch die Durchführung einer einfachen duldsorientierten Besamung erreicht werden (DRIANCOURT et al., 2013; LAZA et al., 2016). Durch eine Synchronisation mit Buserelin und einem Besamungsschema nach dem in unseren Studienbetrieb üblichen Verfahren konnten niedrigere Umrauscherquoten als mit einer einmaligen terminorientierten Besamung erreicht werden.

4. Ergebnisse der Trächtigkeitsdauer

In unseren Untersuchungsergebnissen zeigte sich, dass sich die Abferkelungen in den Buserelin-Gruppen auf weniger Tage konzentrieren. Die Tiere in der Kontrollgruppe hatten tendenziell, jedoch nicht signifikant, eine längere Trächtigkeitsdauer, als die Buserelin-behandelten Tiere. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen LAZA et al. (2016), in deren Untersuchung die Buserelin-behandelten Tiere eine um einen ganzen Tag kürzere Trächtigkeitsdauer aufwiesen. In einer weiteren Studie zeigten die Buserelin-behandelten Tiere ebenso eine verkürzte Trächtigkeitsdauer (NAVAS et al., 2016). In dieser Studie wurde im Vergleich von einer ≤ 113 und einer > 113 Tagen dauernden Trächtigkeit festgestellt, dass die Tiere tendenziell, jedoch nicht signifikant, kürzer trächtig waren. In der graphischen Auswertung zeigte sich eine Konzentration der Abferkelungen auf den 115. Tag. Diese Beobachtungen sind vergleichbar mit den Beobachtungen einer Studie von KAUFFOLD und SIGMARSSON (2014), in der das zeitliche Auftreten der Ovulationen ultrasonographisch untersucht wurde und in der 92,5% der Tiere innerhalb von 48 Stunden nach GnRH-Behandlung ovulierten. Im gleichen Zeitraum ovulierten in der unbehandelten Kontrollgruppe nur 77,7% der Tiere (KAUFFOLD und SIGMARSSON, 2014). Eine Verkürzung des Ovulationszeitraumes auf 24h konnte, wie bereits erwähnt, ebenso bei MARTINAT-BOTTE et al. (2010) beobachtet werden. Durch den Einsatz von Buserelin ovulieren mehr Tiere zu einem früheren Zeitpunkt. Somit lässt sich auch erklären, dass mit Buserelin und der früher durchgeführten Besamung (24-26h nach Buserelin-Gabe) in Gruppe 4 eine niedrigere Umrauscherquote (11%) erreicht werden konnte. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Besamung

in der Gruppe 4 mit 24-26h nach Buserelin-Injektion für einige Tiere noch zu spät kommt und deren Ovulationen zum Zeitpunkt der TOI bereits stattgefunden haben. In der Kontrollgruppe sind sehr hohe Trächtigkeitsraten und eine längere Trächtigkeitsdauer zu beobachten. Es stellt sich daher die Frage, ob und welchen Einfluss eCG und Gonadorelin auf den Ovulationszeitpunkt nehmen. Im Vergleich des Östrus-Ovulations-Intervalls von Sauen, die mit GnRH oder hCG synchronisiert wurden, zeigte sich, dass das Intervall der GnRH-behandelten Tiere kürzer war (WONGKAWEEWIT et al., 2012). SECHIN et al. (1999) zeigten, dass durch den Einsatz von eCG bei Sauen ab dem dritten Wurf das Absetz-Östrus-Intervall verkürzt wird. Die Verkürzung des Absetz-Östrus-Intervalls bestätigte sich in der Studie von DE JONG et al. (2013b) durch die Anwendung von Folligon (eCG) im Vergleich zu Maprelin® (Peforelin) und einer Kontrollgruppe. BENNETT-STEWARD et al. (2007) zeigten, nach Anwendung von eCG und pLH, ebenso eine Verkürzung des Intervalls erreicht wird. In einer Untersuchung von CABRAL et al. (2006) stellte sich nach einer eCG-LH-Behandlung der Sauen, ein LH-Applikations-Ovulations-Intervall von 39,22h heraus und die meisten Embryonen konnten anschließend bei einer Besamung, die 24-36h vor der Ovulation durchgeführt wurde, gewonnen werden. Somit lässt sich eine Tendenz erkennen, dass die Tiere in der Kontrollgruppe wahrscheinlich später ovulieren. Aufgrund des gehäuften Vorkommens kleiner Würfe, liegt die Vermutung nahe, dass es in der Kontrollgruppe auch schon zu einer gewissen Überalterung der Eizellen gekommen war und auch hier der Ovulationszeitpunkt, zwar deutlich besser, jedoch nicht richtig getroffen wurde. Durch die dreifache Besamung wird die Problematik der Vorhersagbarkeit der Ovulationen kompensiert, da der Ovulationszeitpunkt zwar besser, aber wahrscheinlich auch noch nicht optimal getroffen wurde. Es zeigte sich in unseren Untersuchungen, dass durch das GnRH-Analogon Buserelin die Ovulationen zuverlässig in einem enger gefassten Zeitraum synchronisiert und induziert werden. Somit wird eine Verkürzung der Trächtigkeitsdauer erreicht und ist eine Straffung der arbeitsintensiven Abferkeltage möglich. Der Besamungszeitpunkt muss bei der TOI aber wahrscheinlich deutlich verschoben werden.

In den Ergebnissen zeigte sich, dass die Durchgänge innerhalb der Betriebe deutliche, jedoch nicht signifikante Schwankungen in der Dauer der Trächtigkeit aufweisen. Die ersten beiden Durchgänge wurden im Winter 14/15 durchgeführt, sodass ein Einfluss des „Sommerlochs“ auszuschließen ist. An den Haltungs-/Umweltbedingungen bzw. der Fütterung wurde in den hintereinander durchgeführten Durchgängen nichts verändert, sodass anzunehmen ist, dass ein Einfluss dieser Parameter auszuschließen ist. Eine eindeutig belegbare Erklärung für diesen Unterschied zwischen den Durchgängen ist schwierig. In der Praxis ist immer wieder die Beobachtung zu machen, dass ohne ersichtlichen Grund die Sauen einer Abferkelgruppe früher oder später als errechnet zur Abferkelung kommen und dies trotz hormonell durchgeführter Synchronisation.

5. Auswertung der Ergebnisse der Abferkelung

5.1. Gesamt geborene Ferkel

Die Anzahl insgesamt geborener Ferkel ist ein wenig bis gar nicht fehlerbehafteter Wert, der einfach erfassbar ist und damit eine Vergleichbarkeit von Betrieben ermöglicht. In der Auswertung der gesamt geborenen Ferkel konnte kein statistischer Unterschied zwischen den einzelnen Versuchsgruppen festgestellt werden. Bei der Berechnung des Ferkelindex wird zusätzlich die Anzahl nicht abferkelnder Sauen berücksichtigt. In der Berechnung der gesamt geborenen Ferkel macht sich eine erhöhte Umrauscherquote, aufgrund der Gruppengröße (zehn Tiere pro Gruppe) und bei kleineren Würfen (vor allem in Gruppe 3) bemerkbar. Dadurch reduzierten sich die Tierzahlen für die Berechnung der gesamt geborenen Ferkel deutlich. In einer Studie von DRIANCOURT et al. (2013) und KNOX et al. (2011) zeigte sich ebenso kein Unterschied in der Anzahl der gesamt geborenen Ferkel zwischen Kontrolltieren und Buserelin- (DRIANCOURT et al., 2013) und Triptorelin-behandelten Tieren (KNOX et al., 2011). Zu diesem Ergebnis kam SWARTS et al. (2012a) in einer ähnlichen Studie, in der die Tiere mit dem gleichen Synchronisationsprogramm eingegliedert wurden wie in der vorliegenden Studie. WALLER und BILKEI (2002) untersuchten die Anzahl gesamt

geborener Ferkel nach einer einmaligen natürlichen Anpaarung. Hierbei ergab sich eine signifikant höhere Anzahl an gesamt geborenen Ferkel bei einer zweifachen im Vergleich zu einer einfachen Anpaarung.

Es zeigt sich, dass in den Buserelin-Gruppen (Gruppe 1, 2 und 4) tendenziell mehr Ferkel geboren werden. In der Auswertung wurden verschiedene Einflüsse auf den Parameter gesamt geborene Ferkel statistisch untersucht und es zeigte sich, dass der Betrieb einen signifikanten Einfluss hat ($p=0,012$). Mögliche Gründe für den Einfluss des Betriebes auf die gesamt geborenen Ferkel werden im Folgenden erörtert. In allen Betrieben wird mit derselben Genetik (Hermitage) produziert. Die F1-Sauen sind genetisch 50% Large White und 50% Landrasse. Das Verfahren der Ovulationssynchronisation wird ebenso in allen Betrieben gleich durchgeführt. Der Umgang mit den Tieren kann einen Einfluss auf die Wurfgröße nehmen, so zeigten HEMSWORTH et al. (1986), dass der unangenehme Umgang mit den Tiere nachteilige Effekte auf die Reproduktionsleistung hat. KRONE et al. (2016) zeigten in einer Studie, dass zwischen zwei Durchgängen einer Buserelin-Gruppe im Vergleich zu einer eCG-behandelten Gruppe keine signifikanten Unterschiede der Fruchtbarkeitsparameter festgestellt werden konnten. Ein weiterer Einfluss, der auf die Anzahl gesamt geborener Ferkel einwirken kann, ist die Fütterung und ein einflussnehmender Parameter, indem sich die Betriebe unterscheiden. Die Sauen sind in der Lage sich durch eine unterschiedlich hohe Überlebensrate der Embryonen an die Umweltbedingungen anzupassen (SCHNURRBUSCH, 2006). So kann eine ungeeignete Fütterung in der Zeit nach der Belegung zu einer erhöhten embryonalen Mortalität führen (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine inadäquate Futterzusammensetzung (energiereich und rohfasernarm) erreicht kein ausreichendes Sättigungsgefühl bei den Tieren (SCHNURRBUSCH, 2006). In der Folge haben die Tiere Hunger, wodurch Unruhe im Stall entsteht und dies führt zu Stress (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Glucocorticoidausschüttung steigt an, es kommt zum Abfall der Bildung von Progesteron in den Gelbkörpern und daraus resultiert ein Anstieg der embryonalen Mortalität (SCHNURRBUSCH, 2006). Die Form des Haltungssystems ist ein weiteres Unterscheidungskriterium zwischen den Betrieben und hat grundsätzlich einen großen Einfluss auf die

Aufrechterhaltung der Trächtigkeit bzw. Anzahl der geborenen Ferkel. Bei schlechten Haltungsbedingungen steigt die embryonale Mortalität an und die Würfe werden kleiner (SCHNURRBUSCH, 2006). So zeigt eine getrennte Aufstallung von frisch abgesetzten und tragenden Sauen eine signifikante Absenkung der Quote der nicht trächtigen Tiere (DE JONG et al., 2013a). In den Studienbetrieben konnten keine großen Unterschiede in Fütterung und Haltung festgestellt werden. Letztlich bleibt nur die Möglichkeit, dass der Ovulationszeitpunkt der Tiere nicht richtig getroffen wurde. Dafür sprechen die Ergebnisse der Trächtigkeitsdauer und die Ergebnisse der Trächtigkeitskontrolle. In den vorhandenen Untersuchungsergebnissen dieser Studie zeigen die schlechteren Trächtigkeitsergebnisse, dass die Tiere in den Buserelin-Gruppen wahrscheinlich früher ovulieren. Somit liegt die Vermutung nahe, dass die Besamung bei einigen Tieren zu spät kam und es bereits zu einer Überalterung der Spermien gekommen ist. Diese These bestätigt sich in der Betrachtung der Ergebnisse der Trächtigkeitskontrolle. An der Trächtigkeitsdauer lässt sich erkennen, dass die Ovulationen, durch Buserelin induziert, zu einem früheren Zeitpunkt stattfinden. Es zeigte sich, dass die Buserelin-behandelten Tiere eine kürzere Trächtigkeitsdauer hatten, als die Kontrolltiere.

Letztlich lässt sich eine genaue Erklärung des Einflusses durch den Betrieb auf die Anzahl gesamt geborener Ferkel nur schwer finden. Der Einsatz von Buserelin hat, wenn der Ovulationszeitpunkt getroffen wurde, tendenziell mehr gesamt geborene Ferkel zur Folge.

5.2. Ferkelindex

Abferkelrate

Die Abferkelrate, die sich als der Anteil der abgeferkelten Sauen an den besamten Sauen (SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994c) bzw. der prozentuale Anteil an Würfen bezogen auf die Anzahl der zur Erstbelegung aufgestellten Sauen (BUSCH, 2009) definiert, wird im Folgenden diskutiert. Im Vergleich zwischen den Gruppen war die Abferkelrate der Tiere der Kontrollgruppe zu den Abferkelraten der Gruppe 1 signifikant besser ($p=0,013$). Die Auswertung der Abferkelraten in anderen Studien zeigen keinen Unterschied in den Werten zwischen den

verschiedenen Gruppen (MARTINAT-BOTTE et al., 2010; KNOX et al., 2011; SWARTS et al., 2012a; DRIANCOURT et al., 2013; KNOX et al., 2014). Allerdings wurden die Tiere in der Studie von DRIANCOURT et al. (2013) nur dann besamt, wenn sie zum vorgesehenen Besamungszeitpunkt in der Brunst waren oder sie wurden, wie in der Untersuchung von MARTINAT-BOTTE et al. (2010) beschrieben, zweimal duldungsorientiert besamt. In Untersuchungen von CASSAR et al. (2005) waren die Abferkelraten in den mit pLH-behandelten Gruppen sogar höher als in den Kontrollgruppen. In einem weiteren Versuch von KNOX et al. (2011) zeigte sich ein negativer Einfluss des Versuchszeitraumes. Die Studie wurde im August und September durchgeführt. Dieser Einfluss konnte in unserer Studie nicht bestätigt werden. Die Tiere der Gruppe 4, die dreifach besamt wurden, zeigen hinsichtlich der Abferkel- und Trächtigkeitsrate keinen signifikanten Unterschied zu den Tieren der Gruppe 1 mit einer einfachen Besamung. Durch die dreifache Besamung in Gruppe 4 verbessert sich nicht nur die Trächtigkeitsrate, sondern in der Folge auch die Anzahl der Sauen, die zur Abferkelung kommen (Abferkelrate). Da zwischen dem Ergebnis der Trächtigkeitskontrolle und der zur Abferkelung kommenden Sauen, Tiere die abortierten oder aus anderen Gründen, wie beispielsweise einer Lahmheit ausgeschieden sind, laut SCHNURRBUSCH und HÜHN (1994c) eine Differenz von 1% nicht überschritten werden sollte, wurde dieser Unterschied berechnet. Nach SCHNURRBUSCH (2006) dürfen nicht mehr als 2% Aborte auftreten. In der Statistik zeigte sich, sowohl in den Auswertungen der Gruppen, als auch in den Betrieben, dass der Anteil der Sauen mit positiver Trächtigkeitskontrolle, die nicht zur Abferkelung kamen, durchschnittlich bei 3,5% lag. Dieser Wert liegt deutlich über der festgelegten Kennzahl. Zum Zeitpunkt der Festlegung dieser Kenngröße war die Gruppenhaltung der Sauen während der Trächtigkeit kein übliches Haltungssystem. Seit 2013 ist die Gruppenhaltung jedoch gesetzlich vorgeschrieben. Verschiedene Faktoren können einen störenden Einfluss auf die Gravidität nehmen. Es ist dazu zwischen infektiösen (Parvovirose, PRRS usw.) und nicht infektiösen (Haltung, Fütterung und Kondition) Ursachen von erhöhter embryonaler Mortalität zu unterscheiden (SCHNURRBUSCH, 2006). Chronischer Stress hat ebenfalls einen negativen Einfluss auf die

Reproduktionsleistung (VON BORELL et al., 2007; TOBIAS, 2016). So wird ein negativer Einfluss durch Stress auf die GnRH- und Gonadotropinsekretion vermutet (VON BORELL et al., 2007). Wie bereits angeführt, zeigt sich, dass der inadäquate Umgang mit den Tieren chronischen Stress hervorrufen kann (HEMSWORTH et al., 1986). Die Bedeutung der Fütterung zeigt sich in einer Studie von DE JONG et al. (2013a), in der sich durch eine restriktive Fütterungsstrategie für Aufzuchtjungsauen, eine signifikante Verkürzung des Absetz-Östrus-Intervalls erreicht werden konnte. Im Gegensatz dazu hat eine unzureichende Fütterungsstrategie tragender Sauen allgemein eine erhöhte embryonale Mortalität zur Folge (SCHNURRBUSCH, 2006). Eine erhöhte embryonale Mortalität, bedingt durch schlechte Umweltbedingungen, ist eine physiologische Reaktion der Sauen, um eine Überforderung des Organismus zu vermeiden (SCHNURRBUSCH, 2006). Dazu gehört auch Stress, der insbesondere bei starken Rankämpfen nach Umstallung in die Gruppenhaltung auftreten kann (SCHNURRBUSCH, 2006). Weiterhin zeigte sich der bereits unter dem Punkt gesamt geborene Ferkel angedeutete Einfluss des Haltungssystems. SPOOLDER et al. (2009) zeigten in ihrer Literaturübersicht, dass es einige Studien über den Einfluss des Haltungssystems auf die embryonale Mortalität in der Frühträchtigkeit gibt. So hat beispielsweise eine getrennte Aufstallung von frisch abgesetzten und tragenden Sauen eine signifikante Absenkung der Umrauscherquote zur Folge (DE JONG et al., 2013a). Bei entsprechend großen Mängeln der Umweltbedingungen wird die Trächtigkeit nicht aufrechterhalten und es kommt zum regulären bzw. irregulären Umrauschen (SCHNURRBUSCH, 2006). Das irreguläre Umrauschen der Sauen erfolgt dann nach Umstallung der Sauen in die Wartehaltung und wird somit häufig nicht bemerkt. KOKETSU et al. (1997) zeigten, dass 30,4% der irregulären Umrauscher zwischen dem 47. und 108. Tag der Trächtigkeit auftreten. Im Gegensatz zu den zahlreichen Untersuchungen in der Frühgravidität gibt es nur wenige Untersuchungen von negativen Einflüssen auf den weiteren Trächtigkeitsverlauf und die Reproduktionsleistung. Die Ursachen sind in vielfältigen und komplexen Einflüsse auf die Aufrechterhaltung der Trächtigkeit zu sehen, jedoch wird durch chronischen Stress sicherlich

eine Reduktion in der Reproduktionsleistung erreicht (SPOOLDER et al., 2009). In allen Betrieben konnten ähnliche Differenzen zwischen Trächtigkeitsrate und Abferkelrate festgestellt werden. Die Sauen hatten in allen Betrieben ähnliche Voraussetzungen. Sowohl ein Einfluss der Fütterung, als auch der Einfluss infektiöser Ursachen können weitgehend ausgeschlossen werden. Ein wichtiger Faktor in allen Betrieben ist die seit 2013 gesetzlich vorgeschriebene Gruppenhaltung trächtiger Sauen ab über vier Wochen nach Besamung und bis eine Woche vor dem erwarteten Abferkeltermin.

Der von SCHNURRBUSCH und HÜHN (1994c) angegebene Richtwert von 1% ausbleibender Geburten trotz positiver Trächtigkeitsdiagnose bedarf eventuell einer Überarbeitung hinsichtlich des Einflusses der Gruppenhaltung.

Ferkelindex

In einer Studie in der die Tiere intravaginal mit Triptorelin (GnRH-Analogon) zum Zeitpunkt des Auftretens der Brunst behandelt und zwei und 24 Stunden später besamt wurden, hatten die Tiere der behandelten Gruppe einen höheren Ferkelindex als die Kontrollgruppe. In einer weiteren Untersuchung von BRÜSSOW et al. (1996) war der Ferkelindex in der mit D-Phe⁶-GnRH behandelten Gruppe signifikant höher. Indem die Besamungsweise geändert wurde, konnte in der Studie von HERNÁNDEZ-CARAVACA et al. (2012) gezeigt werden, dass mit einer postzervikalen Besamung ein höherer Ferkelindex als mit einer zervikalen Besamung erreicht werden kann. In unserer Auswertung zeigte sich, dass mit dem Einsatz des GnRH-Analogons Buserelin vergleichbare Ferkelindices wie in der Kontrollgruppe erreicht werden können. Dies trotz der signifikant niedrigeren Anzahl trächtiger Sauen in den Buserelin-behandelten Gruppen als in der Kontrollgruppe. In den Ferkelindex gehen nach VIEBAHN (2010) im Anschluss an die vorangegangene Berechnung der Abferkelrate mittelbar Parameter wie Umrauschquote, Zwischenwurfzeit und Trächtigkeitsrate ein. Kleine Unterschiede in diesen Parametern können sich zu beträchtlichen Differenzen im Ferkelindex multiplizieren (HOY, 2008). Der Ferkelindex ermöglicht eine Aussage über die Fruchtbarkeitsleistung in einer Sauenherde bzw. Sauengruppe

(SCHNURRBUSCH und HÜHN, 1994c). Im Vergleich der Ferkelindices der einzelnen Gruppen miteinander, zeigt sich bei Betrachtung der absoluten Zahlen, dass in der Kontrollgruppe auf 100 Erstbesamungen 130 Ferkel mehr als in der Gruppe 1 geboren werden. Im Vergleich der Kontrollgruppe zur Gruppe 2 werden 53 Ferkel mehr je 100 Erstbesamungen geboren. Daraus lässt sich der Einfluss des Besamungsmanagements deutlich erkennen. Durch eine dreifache KB (Gruppe 4) statt einer einfachen KB (Gruppe 1) werden 150 Ferkel mehr geboren. Es werden mit Buserelin und einer dreifachen Besamung annähernd gleich viele Ferkel wie in der mit ecG + Gonadorelin-behandelten Kontrollgruppe je 100 Erstbesamungen erreicht. Anhand der Unterschiede im Ferkelindex der beiden Gruppen lässt sich der Vorteil einer dreifachen gegenüber einer einfachen Besamung auf den Besamungserfolg erkennen. Bereits durch die doppelt konzentrierte Spermaportion wurden in Gruppe 2 etwa 77 Ferkel mehr als in Gruppe 1 geboren. HOY (2008) zeigte in seiner Studie, wie bereits vermutet, dass die Besamung rund um die Ovulation in Abhängigkeit von der Dauer der Duldung das entscheidende Kriterium für eine erfolgreiche Besamung und einen guten Ferkelindex darstellt. Die Sauen in den Buserelin-Gruppen haben trotz ihrer schlechteren Trächtigkeitsergebnisse tendenziell mehr gesamt geborene Ferkel als in der Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse waren jedoch nicht signifikant. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz schlechterer Trächtigkeitsergebnisse in den Buserelin-Gruppen eine ausreichende Ferkelzahl geboren wird und durch Verbesserung der Trächtigkeitsergebnisse im Rahmen des Besamungsmanagements eine Erhöhung des Ferkelindex erreicht werden kann.

Wie bereits diskutiert, ist die Abferkelrate der Tiere in der Kontrollgruppe deutlich besser, als in den Buserelin-behandelten Gruppen. Im Gegensatz dazu ist die Anzahl gesamt geborener Ferkel der Tiere in den Buserelin-behandelten Gruppen höher, als bei den Sauen in der Kontrollgruppe. Diese gegenteiligen Effekte kompensieren sich teilweise und haben somit keinen Einfluss auf den Ferkelindex im Gegensatz zum Management der Besamung.

VI. SCHLUSSFOLGERUNG

In der vorliegenden Studie wurde die Anwendbarkeit des GnRH-Analogons Buserelin (Porceptal®) zur Ovulationssynchronisation bei Altsauen mit einer anschließenden einmaligen terminorientierten Besamung im Vergleich zu einer mit eCG und Gonadorelin synchronisierten Vergleichsgruppe und einer dreimaligen Besamung untersucht.

Der Einsatz von Buserelin zeigte sich in der zugrunde liegenden Studie gut geeignet, um eine zuverlässige und gute Rausche in einem eng gefassten Zeitraum zu induzieren. Die mit Buserelin behandelten Sauen hatten einen signifikant höheren Gesamtduldungsscore als die Tiere in der Kontrollgruppe. Die Duldung der Sauen hatte sowohl in den Buserelin-Gruppen, als auch in der Kontrollgruppe einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Besamung. Sauen mit einer ausgeprägten Duldung wurden bei der Trächtigkeitsuntersuchung signifikant häufiger positiv getestet. Des Weiteren zeigt sich der Einfluss der Qualität der Duldung auf die Wurfgröße. Eine schlechtere Duldung zum Zeitpunkt der Besamung hat signifikant kleinere Würfe zur Folge.

Die Ergebnisse der Trächtigkeitsuntersuchung zeigen, dass mit einer einmaligen terminorientierten KB in den Buserelin-Gruppen keine zufriedenstellenden Trächtigkeitsergebnisse im Vergleich zu einer in der Kontrollgruppe durchgeführten dreifachen Besamung zu erreichen sind. Die Tiere der Kontrollgruppe wiesen eine signifikant höhere Trächtigkeitsrate auf. Die Tiere der Gruppe 4 hatten tendenziell eine niedrigere Umrauscherquote als die Tiere der Gruppen 1 und 2. Der Zeitpunkt der Ovulationen konnte mit einer früher KB besser, aber noch nicht exakt genug getroffen werden. Anhand der durchschnittlichen Trächtigkeitsdauer, die in den Buserelin-Gruppen tendenziell jedoch nicht signifikant kürzer ist, als in der Kontrollgruppe, ist zu erkennen, dass die Ovulationen nach Behandlung mit Buserelin früher als in der Kontrollgruppe auftreten. Die kürzere Dauer der Trächtigkeit durch die Konzentration der Ovulationen auf einen engeren Zeitraum ermöglicht

wahrscheinlich eine verbesserte Planbarkeit der KB, um diese optimal zu treffen.

Die Durchgänge innerhalb der Betriebe scheinen sich trotz gleichen Managements des Absetzzeitpunktes und der anschließenden Buserelin-Injektion im Ovulationszeitpunkt etwas zu unterscheiden. Dies lässt sich aus der tendenziell unterschiedlichen Trächtigkeitsdauer der beiden zeitlich versetzten Durchgänge schließen.

Die Abferkelrate ist in der Kontrollgruppe signifikant höher. Dies resultiert aus den höheren Trächtigkeitsquoten nicht jedoch aus einer niedrigeren Rate von Aborten oder Abgängen während der Trächtigkeit. Wenn die Besamung zum optimalen Ovulationszeitpunkt stattfand, dann konnten vergleichbare Wurfgrößen tendenziell, jedoch nicht signifikant, sogar mehr gesamt geborene Ferkel bei den Sauen in den Buserelin-Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe erreicht werden. Zwischen den Betrieben zeigten sich signifikante Unterschiede in der Anzahl der gesamt geborenen Ferkel. Aus der Wurfgröße und der Abferkelrate wurde zuletzt der Ferkelindex berechnet. In der Kontrollgruppe wurden von 100 besamten 130 Ferkel mehr als in der Gruppe 1 geboren. Im veränderten Versuchsdurchgang zeigte sich durch die dreifache Besamung eine deutliche Steigerung der Ferkelzahlen im Vergleich zur einfachen Besamung nach Applikation von Buserelin. So wurden in Gruppe 4 150 Ferkel mehr als in Gruppe 1 geboren.

Die Rausche hat auch bei einem Synchronisationsprogramm einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Besamung, wenn die Synchronisation sowohl mit Buserelin als auch mit eCG und Gonadorelin durchgeführt wird.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich schließen, dass nach einer Anwendung von Buserelin, die in der Literatur genannte einmalige terminorientierte Besamung nicht zu ausreichend guten Ergebnissen führt. Daher sollte entweder eine Anpassung des Zeitpunktes der einmaligen Besamung im Rahmen der TOI erfolgen oder alternativ eine dulldungsorientierte Besamung nach Applikation von Buserelin durchgeführt werden.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Arbeit war es den Einsatz des synthetisch hergestellten GnRH-Analogons Buserelin (Porceptal[®]) (Intervet Deutschland GmbH, Unterschleißheim, Deutschland) zur Ovulationssynchronisation bei multiparen abgesetzten Sauen mit einer einmaligen terminorientierten Besamung im Vergleich zu einer mit eCG + Gonadorelin synchronisierten Kontrollgruppe zu untersuchen. Die Studie wurde in fünf Betrieben in Süddeutschland von Oktober 2014 bis Juli 2016 durchgeführt. Die insgesamt 440 eingeschlossenen Sauen wurden in vier Gruppen (1: n=100; 2: n=100; 3: n=140; 4: n=100) mit jeweils unterschiedlichen Besamungsregimes randomisiert eingeteilt. Die Tiere der Gruppe 1 und 2 wurden 83-89h nach dem Absetzen der Ferkel 2,5ml Porceptal[®] (10µg Buserelin) intramuskulär injiziert und anschließend 30-33h später einmalig entweder mit einer einfachen (180 Mio; Gruppe 1) bzw. einer doppelt konzentrierten (360 Mio; Gruppe 2) Spermaportion besamt. Gruppe 3 (Kontrollgruppe) wurde 24h nach dem Absetzen mit eCG und 72-74h nach der eCG-Gabe mit Gonadorelin behandelt. Die Sauen wurden dreimal besamt 16h, 24-26h und 40h nach der Gonadorelin-Injektion. Die Gruppe 4 wurde nach der zur Gruppe 1 und 2 identischen Anwendung von Buserelin dreifach im Abstand von 24-26h, 36-38h und 48-50h nach Buserelin-Injektion besamt. Die Evaluierung der Rauscheinduktion anhand von Rauscheanzeichen wurde zum Zeitpunkt der terminorientierten Besamung durchgeführt. Im Rahmen der Besamung wurde die Ansauggeschwindigkeit, das Ausüben von zusätzlichem Druck und der Spermarückfluss bewertet. Eine Trächtigkeitskontrolle wurde durchgeführt und die Trächtigkeitsdauer erfasst. Es erfolgte eine Auswertung der gesamt geborenen Ferkel, der Abferkelrate und daraus wurde anschließend der Ferkelindex berechnet. Die im praktischen Teil der Studie erfassten Rauscheparameter wurden in einem Gesamtduldungsscore zusammengefasst. Die Tiere der Buserelin-Gruppen hatten im Vergleich zur Kontrollgruppe einen signifikant besseren Gesamtduldungsscore (p= 0,027). Ein signifikanter Einfluss der Qualität

der Duldung auf die Wurfgröße konnte festgestellt werden ($p= 0,009$). Die Auswertung der Besamungsparameter wies keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf ($p> 0,05$). In Gruppe 1 waren 18% der Sauen nicht trächtig. In Gruppe 2 waren 12%, in Gruppe 3 waren 3,6% der Tiere nicht trächtig und in Gruppe 4 liegt das Ergebnis bei 11,0% nicht trächtiger Sauen. Der Anteil nicht trächtiger Sauen war damit in der Kontrollgruppe signifikant niedriger als in der Gruppe 1 ($p< 0,001$) und die Gruppen 2 und 4 unterschieden sich nicht signifikant von Gruppe 1 ($p> 0,05$). Die Trächtigkeitsdauer wurde nur für die Betriebe 2-5 ausgewertet. Sie unterschied sich nicht signifikant zwischen den Betrieben und variierte je nach Gruppe zwischen 114,65 Tagen (Gruppe 1) und 115,07 Tagen (Gruppe 3). Die Anzahl gesamt geborener Ferkel unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Gruppen ($p> 0,05$). Die absoluten Zahlen der Buserelin-Gruppen waren jedoch, bis auf Betrieb 3, tendenziell höher als in den Kontrollgruppen. Es zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Betriebes auf die Anzahl gesamt geborener Ferkel ($p= 0,02$). Die Abferkelraten der einzelnen Gruppen lagen in Gruppe 1 bei 79,0%, in Gruppe 2 bei 84,0%, in Gruppe 3 bei 90,7% und in Gruppe 4 89,0%. Die Abferkelraten unterschieden sich zwischen der Buserelin-Gruppe 1 und der Kontrollgruppe ($p= 0,013$) signifikant. Die Indices lagen bei 1212 für Gruppe 1, bei 1289 für Gruppe 2, bei 1342 für die Kontrollgruppe und bei 1362 für die Gruppe 4. Die Anwendung von Buserelin induziert die Rausche signifikant besser als die Kombination aus eCG und Gonadorelin. Mit der einmaligen terminorientierten Besamung nach 30-33h ist allerdings mit einer schlechteren Trächtigkeitsrate zu rechnen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine einmalige KB nicht zum exakt richtigen Ovulationszeitpunkt durchgeführt wurde. Durch die Anwendung einer dreimaligen Besamung mit Buserelin konnte die Umrauscherquote tendenziell verbessert werden. Eine scheinbare Verkürzung der Trächtigkeitsdauer in den Buserelin-Gruppen im Vergleich zu der in der Kontrollgruppe sprechen für früher eintretende Ovulationen nach Behandlung mit Buserelin im Vergleich zu einer eCG + Gonadorelin-Behandlung. Daher stellte sich die Frage nach einer Überarbeitung des Besamungsschemas bzw. nach einer duldungsorientiert

durchzuführenden Besamung. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zum Einsatz des GnRH-Analogons Buserelin zur Zyklussynchronisation lassen den Schluss zu, dass entweder eine Anpassung des Zeitpunktes der einmaligen Besamung im Rahmen der terminorientierten Insemination notwendig ist oder eine duldsorientierte Besamung erfolgen sollte.

VIII. SUMMARY

The aim of the present study was to assess the use of a synthetic GnRH-analogue Buserelin (Porceptal[®]) (Intervet Deutschland GmbH, Unterschleißheim, Germany) for ovulation synchronization of multiparous sows with a fixed time AI (artificial insemination) in comparison to a control group synchronised with eCG and Gonadorelin. The present study was carried out in five farms in Southern Germany from October 2014 until July 2016. In total 440 sows were included which were randomised into four groups (1: n=100; 2: n=100; 3: n=140; 4: n=100) with different insemination schemes. Animals of groups 1 and 2 received 2.5 ml Porceptal[®] (10µg Buserelin) 83-89h after weaning and a single fixed time artificial insemination (AI) followed 30-33h later. Sows of group 1 were inseminated with a single dose of 180 mil sperms and sows of group 2 were inseminated with a double dosage portion of 360 mil sperms. Group 3 represented the control group and was treated with eCG 24h after weaning and received an application of Gonadorelin (GnRH analogue) 72-74h after eCG injection. Those animals were inseminated 16h, 24-26h and 40h after GnRH injection. Sows of group 4 were given Buserelin 83-89h after weaning and were thrice inseminated 24-26h, 36-38h and 48-50h after the injection. For evaluation of the heat induction the animals were assessed for heat signs at the fixed time AI. During the insemination, the time needed to suck in the insemination dose, the application of additional pressure and the semen backflow were determined as insemination parameters. A gestation diagnosis was carried out and the duration of pregnancy was recorded. An assessment of the number of born piglets and the farrowing rate was done in order to calculate a piglet index. The standing heat parameters collected during the practical part of the study were summarised in a score. The animals of Buserelin groups had a significantly higher score ($p= 0.027$) in comparison to the control group. Additionally, toleration had a significant influence on litter size ($p= 0.009$). Regarding the insemination parameters, no significant difference between the study groups were observed. A total of 18% of sows in group 1

returned to estrus. 12% of group 2 and 3.6% of group 3 animals were not pregnant at the time of testing. In the third Buserelin-group (group 4) 11% of the sows returned to estrus. The return to estrus rate was significantly lower in the control animals in comparison to group 1 ($p < 0.001$). No significant difference could be seen in return to estrus of group 2 and 4 in comparison to group 1 ($p > 0.05$). The duration of pregnancy was only analysed for farms 2-5. It was not significantly different between farms and varied from 114.65 days (group 1) to 115.07 days (group 3). The groups did not differ in respect to the number of piglets born ($p > 0.05$). However, the total number tended to be higher in the Buserelin groups, apart from farm 3, than in the control groups. It could be observed that the farm had a significant effect on the total number of born piglets ($p = 0.02$). The farrowing rate of group 1 is 79.0%. Groups 2,3 and 4 have farrowing rates of 84.0%, 90.7% und 89.0%. There was a significant difference of the farrowing rate between control and buserelin-treated animals in group 1 ($p = 0.013$). The piglet indices were 1212 piglets for group 1; group 2 had 1289 piglets, the control group had 1342 piglets and group 4 had 1362 piglets. There is a significantly better heat induction with the application of Buserelin than with the combination of eCG and Gonadorelin. However, with a single fixed timed AI after 30 to 33 hours a lower pregnancy rate has to be expected. The results indicate that these single fixed time AI may be too late relative to ovulation. Inseminating three times with Buserelin treatment before tends to improve the pregnancy rate. In the Buserelin group the seemingly shortened duration of pregnancy compared to the control group treated with eCG and Gonadorelin indicates an earlier occurrence of ovulation. It could be advisable to revise the insemination protocol or to inseminate only sows with a standing reflex. Given the results of the present study using the GnRH-analogue Buserelin for ovulation synchronisation, it can be concluded that the time of fixed AI needs to be improved or only sows displaying signs of estrus to be inseminated.

IX. LITERATURVERZEICHNIS

Alm K, Peltoniemi OAT, Koskinen E, Andersson M. Porcine field fertility with two different insemination doses and the effect of sperm morphology. *Reprod. Domest. Anim.* 2006; 41: 210-213.

Almond P, Bilkei G. Short communication: effects of a gonadotropin application on seasonal subfertility in pigs. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 2006; 113: 201-202.

Amoss M, Burgus R, Blackwell R, Vale W, Fellows R, Guillemin R. Purification, amino acid composition and N-terminus of the hypothalamic luteinizing hormone releasing factor (LRF) of ovine origin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1971; 44: 205-210.

Auvigne V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi OAT, Sallé E. Seasonal infertility in sows: A five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. *Theriogenology* 2010; 74: 60-66.

Baker RD, Downey BR, Brinkley HJ. Induction of ovulation in pigs with gonadotrophin releasing hormone. *J. Anim. Sci.* 1973; 37: 1376-1379.

Baker RD, Downey BR. Induction of estrus, ovulation and fertility in prepuberal gilts. *Ann. Biol. Anim. Biochim Biophys.* 1975; 15: 375-382.

Bartolome JA, Sozzi A, McHale J, Melendez P, Arteché AC, Silvestre FT, Kelbert D, Swift K, Archbald LF, Thatcher WW. Resynchronization of ovulation and timed insemination in lactating dairy cows, II: assigning protocols according to stages of the estrous cycle, or presence of ovarian cysts or anestrus. *Theriogenology* 2005; 63: 1628-1642.

Bates RO, Day BN, Britt JH, Clark LK, Brauer MA. Reproductive performance of sows treated with a combination of pregnant mare's serum gonadotropin and human chorionic gonadotropin at weaning in the summer. *J. Anim. Sci.* 1991; 69: 894-898.

Bäumer W, Kroker R, Potschka H. Hormone und hormonell wirksame Pharmaka. In: Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, 9. edn 2014. Löscher W, Richter A, Potschka H. Enke Verlag, Stuttgart. 431-444.

Belstra BA, Flowers WL, See MT. Factors affecting temporal relationships between estrus and ovulation in commercial sow farms. *Anim. Reprod. Sci.* 2004; 84: 377-394.

Bennett-Steward K, Cassar G, Plante C, Friendship RM, Zak L. Ovulation induction protocol using equine chorionic gonadotropin and porcine luteinizing hormone in the weaned sow. *J. Swine Health Prod.* 2007; 15: 194-197.

Bennett-Steward K, Aramini J, Pelland C, Friendship RM. Equine chorionic gonadotrophin and porcine luteinizing hormone to shorten and synchronize the wean-to-breed interval among parity-one and parity-two sows. *J. Swine Health Prod.* 2008; 16: 182-187.

Bortolozzo FP, Uemoto DA, Bennemann PE, Pozzobon MC, Castagna CD, Peixoto CH, Barioni Jr W, Wentz I. Influence of time of insemination relative to ovulation and frequency of insemination on gilt fertility. *Theriogenology* 2005; 64: 1956-1962.

Bostedt H. Weibliches Schwein. In: Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren, 1. edn 2009. Busch W, Zerobin K. Enke Verlag, Stuttgart. 244-268.

Britt JH, Esbenshade KL, Ziecik AJ. Roles of estradiol and gonadotropin-releasing hormone in controlling negative and positive feedback associated with the luteinizing hormone surge in ovariectomized pigs. *Biol. Reprod.* 1991; 45: 478-485.

Brüssow KP, Jöchle W, Hühn U. Control of ovulation with a GnRH analog in gilts and sows. *Theriogenology* 1996; 46: 925-934.

Brüssow KP, Wähner M. Biotechnische Fortpflanzungssteuerung beim weiblichen Schwein. *Züchtungskunde* 2005; 77: 157-170.

Brüssow KP, Schneider F, Tuchscherer A, Ratky J, Kraeling RR, Kanitz W. Luteinizing hormone release after administration of the gonadotropin-releasing hormone agonist Fertilan (goserelin) for synchronization of ovulation in pigs. *J. Anim. Sci.* 2007; 85: 129-137.

Brüssow KP, Schneider F, Tuchscherer A, Kanitz W. Influence of synthetic lamprey GnRH-III on gonadotropin release and steroid hormone levels in gilts. *Theriogenology* 2010; 74: 1570-1578.

Brüssow KP, Wähner M. Biological and technological background of estrus synchronization and fixed-time ovulation induction in pig. *Biotechnol. Anim. Husbandry*. 2011: 533-545.

Burgus R, Butcher M, Amoss M, Ling N, Monahan M, Rivier J, Fellows R, Blackwell R, Vale W, Guillemin R. Primary structure of the ovine hypothalamic luteinizing hormone-releasing factor (LRF). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1972; 69: 278-282.

Busch B. Untersuchungen zur postpartalen Involution und Regeneration des Reproduktionstraktes beim Schwein. *Diss. med. vet.* 2007. Justus-Liebig-Universität Gießen.

Busch W. Reproduktionsorganisation beim Schwein. In: *Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren*, 1. edn 2009. Busch W, Zerobin K. Enke Verlag, Stuttgart. 282-295.

Cabral CH, Candini PH, Gama RD, Carbone A, Campanarut R. Effect of insemination-to-induced ovulation interval on fertilization rate, embryo viability and number of accessory sperms in sows. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 2006; 43: 132-138.

Campbell M. It's all in the timing: ovulation induction in the mare. *Vet. Rec.* 2012; 170: 538-539.

Carolsfeld J, Powell JF, Park M, Fischer WH, Craig AG, Chang JP, Rivier JE, Sherwood NM. Primary structure and function of three gonadotropin-releasing hormones, including a novel form, from an ancient teleost, herring. *Endocrinology* 2000; 141: 505-512.

Cassar G, Kirkwood RN, Poljak Z, Bennett-Steward K, Friendship RM. Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation. *J. Swine Health Prod.* 2005; 13: 254.

Clarke IJ, Pompolo S. Synthesis and secretion of GnRH. *Anim. Reprod. Sci.* 2005; 88: 29-55.

Claus R, Ellendorff F, Hoang-Vu C. Spontaneous electromyographic activity throughout the cycle in the sow and its change by intrauterine oestrogen infusion during oestrus. *J. Reprod. Fertil.* 1989; 87: 543-551.

Claus R, Schams D. Influence of mating and intra-uterine oestradiol infusion on peripheral oxytocin concentrations in the sow. *J Endocrinol* 1990; 126: 361-365.

Collell M. Why oestrus synchronisation? *Pig Progress* 2013; 29: 18-19.

Cosgrove JR, Foxcroft GR. Nutrition and reproduction in the pig: Ovarian aetiology. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 42: 131-141.

De Jong E, Laanen M, Dewulf J, Jourquin J, De Kruif A, Maes D. Management factors associated with sow reproductive performance after weaning. *Reprod. Domest. Anim.* 2013a; 48: 435-440.

De Jong E, Kauffold J, Engl S, Jourquin J, Maes D. Effect of a GnRH analogue (Maprelin) on the reproductive performance of gilts and sows. *Theriogenology* 2013b; 80: 870-877.

De Rensis F, Hunter MG, Foxcroft GR. Suckling-induced inhibition of luteinizing hormone secretion and follicular development in the early postpartum sow. *Biol. Reprod.* 1993; 48: 964-969.

De Rensis F, Kirkwood R. Control of estrus and ovulation: Fertility to timed insemination of gilts and sows. *Theriogenology* 2016; 86: 1460-1466.

Downey BR. Regulation of the estrous-cycle in domestic-animals - a review. *Can. Vet. J.* 1980; 21: 301-306.

Driancourt MA, Cox P, Rubion S, Harnois-Milon G, Kemp B, Soede NM. Induction of an LH surge and ovulation by buserelin (as Receptal) allows breeding of weaned sows with a single fixed-time insemination. *Theriogenology* 2013; 80: 391-399.

Engl S. Untersuchungen zur Eignung einer neuen GnRH-Variante zur Brunstinduktion bei pluriparen Sauen. *Diss. med. vet.* 2006. Universität Leipzig.

Estienne MJ, Hartsock TG. Effect of exogenous gonadotropins on the weaning-to-estrus interval in sows. *Theriogenology* 1998; 49: 823-828.

Fernald RD, White RB. Gonadotropin-releasing hormone genes: phylogeny, structure, and functions. *Front. Neuroendocrinol.* 1999; 20: 224-240.

Foxcroft GR, Hunter MG, Grant SA. The physiology of follicular maturation in the pig. *Acta. Physiol. Pol.* 1989; 40: 53-63.

Fries HCC, Souza LP, Faccin JEG, Reckziegel MV, Hernig L, Marimon BT, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. Induction and synchronization of ovulation in sows using a Gonadotropin-releasing Hormone Analog (Lecirelin). *Anim. Reprod. Sci.* 2010; 7: 362-366.

Garcia JC, Abad M, Kirkwood RN. Effect of sperm numbers and time of insemination relative to ovulation on sow fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 2007; 100: 397-401.

Garverick HA. Ovarian follicular cysts in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997; 80: 995-1004.

Gerritsen R, Langendijk P, Soede NM, Kemp B. Effects of (artificial) boar stimuli on uterine activity in estrous sows. *Theriogenology* 2005; 64: 1518-1525.

Gorbman A, Sower SA. Evolution of the role of GnRH in animal (Metazoan) biology. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2003; 134: 207-213.

Gründker C, Günthert AR, Westphalen S, Emons G. Biology of the gonadotropin-releasing hormone system in gynecological cancers. *Eur. J. Endocrinol.* 2002; 146: 1-14.

Grunert E. Ovarielle Dysfunktionen. In: *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. edn 1999. Grunert E, De Kruif A. Parey Buchverlag, Berlin. 111-142.

Guthrie HD, Henricks DM, Handlin DL. Plasma hormone levels and fertility in pigs induced to superovulate with PMSG. *J. Reprod. Fertil.* 1974; 41: 361-370.

Haresign W, Foxcroft GR, Lamming GE. Control of ovulation in farm animals. *J. Reprod. Fertil.* 1983; 69: 383-395.

Hazeleger W, Kemp B. Farrowing rate and litter size after transcervical embryo transfer in sows. *Reproduction in Domestic Animals* 1994; 29: 481-487.

Heinze A. Optimales Besamungsmanagement bei Sauen. *Züchtungskunde* 2005; 77: 171-180.

Hemsworth PH, Barnett JL, Hansen C. The influence of handling by humans on the behaviour, reproduction and corticosteroids of male and female pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1986; 15: 303-314.

Hernández-Caravaca I, Izquierdo-Rico MJ, Matás C, Carvajal JA, Vieira L, Abril D, Soriano-Úbeda C, García-Vázquez FA. Reproductive

performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Anim. Reprod. Sci.* 2012; 136: 14-22.

Holtz W, Schmidt-Baulain R, Welp C, Wallenhorst CK. Effect of insemination of estrus-induced prepuberal gilts on ensuing reproductive performance and body weight. *Anim. Reprod. Sci.* 1999; 57: 177-183.

Hoy S. Index zeigt die Fruchtbarkeit. *BLW* 2008; 49: 43-44.

Hühn U, Jöchle W, Brüssow K. Techniques developed for the control of estrus, ovulation and parturition in the East German pig industry: a review. *Theriogenology* 1996; 46: 911-924.

Hühn U, Kaufuss K-H. Fortpflanzung. In: *Gesundheitsmanagement Schweinehaltung*, 1. edn 2004. Prange H. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 69-113.

Johnson LA, Weitze KF, Fiser P, Maxwell WMC. Storage of boar semen. *Anim. Reprod. Sci.* 2000; 62: 143-172.

Kauffold J, Sigmarsson H. Results on fixed-time-insemination in a sow herd with an afternoon-weaning-schedule in Germany. *Proc. 23rd Int. Pig Vet. Soc. Congress. Cancun, Mexico 2014*: 203.

Kesler DJ, Elmore RG, Brown EM, Garverick HA. Gonadotropin releasing hormone treatment of dairy cows with ovarian cysts. I. Gross ovarian morphology and endocrinology. *Theriogenology* 1981; 16: 207-217.

Kesler DJ, Garverick HA. Ovarian cysts in dairy cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 1982; 55: 1147-1159.

Kirkwood RN, Althouse GC, Yaeger MJ, Carr J, Almond GW. Diseases of the Reproductive System. In: *Diseases of Swine*, 10. edn 2012. Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW. John Wiley & Sons, UK. 329-347.

Kittok RJ, Britt JH, Convey EM. Endocrine response after GnRH in luteal phase cows and cows with ovarian follicular cysts. *J. Anim. Sci.* 1973; 37: 985-989.

Knox RV, Breen SM, Willenburg KL, Roth S, Miller GM, Ruggiero KM, Rodriguez-Zas SL. Effect of housing system and boar exposure on estrus expression in weaned sows. *J. Anim. Sci.* 2004; 82: 3088-3093.

Knox RV, Willenburg KL, Rodriguez-Zas SL, Greger DL, Hafs HD, Swanson ME. Synchronization of ovulation and fertility in weaned sows treated with intravaginal triptorelin is influenced by timing of administration and follicle size. *Theriogenology* 2011; 75: 308-319.

Knox RV, Taibl JN, Breen SM, Swanson ME, Webel SK. Effects of altering the dose and timing of triptorelin when given as an intravaginal gel for advancing and synchronizing ovulation in weaned sows. *Theriogenology* 2014; 82: 379-386.

Knox RV. Recent advancements in the hormonal stimulation of ovulation in swine. *Veterinary Medicine: Research and Reports* 2015; 6: 309-320.

Koiter TR, Van der Schaaf-Verdonk GC, Kuiper H, Pols-Valkhof N, Schuiling GA. A comparison of the LH-releasing activities of LH-RH and its agonistic analogue buserelin in the ovariectomized rat. *Life Sci.* 1984; 34: 1597-1604.

Koketsu Y, Dial GD, King VL. Returns to service after mating and removal of sows for reproductive reasons from commercial swine farms. *Theriogenology* 1997; 47: 1347-1363.

Koketsu Y, Dial GD. Factors influencing the postweaning reproductive performance of sows on commercial farms. *Theriogenology* 1997; 47: 1445-1461.

Kremling R. Fruchtbarkeit neu bewertet. *top agrar* 2015; 6: 20-22.

Krone M, Fiebig K, von Berg S. Fixed time insemination (FTI) in sows: a controlled field study. Proc. 24th Int. Pig Vet. Soc. Congress. Dublin, Ireland 2016: 372.

Langendijk P, Soede NM, Bouwman EG, Kemp B. Responsiveness to boar stimuli and change in vulvar reddening in relation to ovulation in weaned sows. J. Anim. Sci. 2000; 78: 3019-3026.

Langendijk P, Bouwman EG, Kidson A, Kirkwood RN, Soede NM, Kemp B. Role of myometrial activity in sperm transport through the genital tract and in fertilization in sows. Reproduction 2002a; 123: 683-690.

Langendijk P, Bouwman EG, Soede NM, Taverne MA, Kemp B. Myometrial activity around estrus in sows: spontaneous activity and effects of estrogens, cloprostenol, seminal plasma and clenbuterol. Theriogenology 2002b; 57: 1563-1577.

Langendijk P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. Theriogenology 2003; 59: 849-861.

Langendijk P, Soede NM, Kemp B. Uterine activity, sperm transport, and the role of boar stimuli around insemination in sows. Theriogenology 2005; 63: 500-513.

Lau H, Brehme JM, Peters KJ, Hühn U. Untersuchungen zur Wiederholbarkeit von Brunstmerkmalen bei abgesetzten Sauen nach biotechnischer Fortpflanzungslenkung. Züchtungskunde 2010; 82: 195-204.

Laza C, Menjon R, Jimenez M. Comparison of reproductive performance of fixed time insemination versus conventional multiple insemination protocol in a commercial farm. Proc. 24th Int. Pig Vet. Soc. Congress. Dublin, Ireland 2016: 370.

Leiding C. Ebersamenverdünner–Stand der Technologie. Züchtungskunde 2005; 77: 151-156.

Leite CDS, Lui JF, Albuquerque LG, Alves DNM. Environmental and genetic factors affecting the weaning-estrus interval in sows. Genet. Mol. Res. 2011: 2692-2701.

Love RJ. Seasonal infertility in pigs. Vet. Rec. 1981; 109: 407-409.

Love RJ, Evans G, Klupiec C. Seasonal effects on fertility in gilts and sows. J. Reprod. Fertil. Suppl. 1993; 48: 191-206.

Manjarin R, Garcia JC, Dominguez JC, Castro MJ, Alegre B, Munoz JD, Kirkwood RN. Effect of gonadotropin treatment on estrus, ovulation, and litter size in weaned and anestrous sows. J. Anim. Sci. 2010; 88: 2356-2360.

Martinat-Botte F, Venturi E, Guillouet P, Driancourt MA, Terqui M. Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal). Theriogenology 2010; 73: 332-342.

Matsuo H, Baba Y, Nair RMG, Arimura A, Schally AV. Structure of the porcine LH- and FSH-releasing hormone. I. The proposed amino acid sequence. Biochem. Biophys. Res. Commun. 1971; 43: 1334-1339.

McCann SM, Kimura M, Walczewska A, Karanth S, Rettori V, Yu WH. Hypothalamic control of FSH and LH by FSH-RF, LHRH, cytokines, leptin and nitric oxide. Neuroimmunomodulation 1998; 5: 193-202.

Meinecke B. Reproduktion bei weiblichen Haussäugetieren. In: Physiologie der Haustiere, 5. edn 2015. Von Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G. Enke Verlage, Stuttgart. 551-573.

Mezalira A, Dallanora D, Bernardi M, Wentz I, Bortolozzo F. Influence of sperm cell dose and post-insemination backflow on reproductive

performance of intrauterine inseminated sows. *Reprod. Domest. Anim.* 2005; 40: 1-5.

Millar RP. GnRH II and type II GnRH receptors. *Trends Endocrinol. Metab.* 2003; 14: 35-43.

Millar RP, Lu ZL, Pawson AJ, Flanagan CA, Morgan K, Maudsley SR. Gonadotropin-releasing hormone receptors. *Endocr. Rev.* 2004; 25: 235-275.

Möller-Holtkamp P, Stickan F, Parvizi N, Elsaesser F. Untersuchung über die Wirksamkeit des GnRH-Analagon Buserelin auf die LH-Sekretion beim Schwein, im Vergleich zu D-Phe⁶-LHRH. *Reprod. Domest. Anim.* 1995: 21-24.

Navas J, Jimenez M, Menjon R. Improvement of productivity efficiency in large size farms that use Porceptal[®] in a FTI program. *Proc. 24th Int. Pig Vet. Soc. Congress, 2016. Dublin, Ireland 2016: 390.*

Neill JD. GnRH and GnRH receptor genes in the human genome. *Endocrinology* 2002; 143: 737-743.

Nett TM, Turzillo AM, Baratta M, Rispoli LA. Pituitary effects of steroid hormones on secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2002; 23: 33-42.

Nissen A, Soede N, Hyttel P, Schmidt M, D'hoore L. The influence of time of insemination relative to time of ovulation on farrowing frequency and litter size in sows, as investigated by ultrasonography. *Theriogenology* 1997; 47: 1571-1582.

Noguchi M, Yoshioka K, Itoh S, Suzuki C, Arai S, Wada Y, Hasegawa Y, Kaneko H. Peripheral concentrations of inhibin A, ovarian steroids, and gonadotropins associated with follicular development throughout the estrous cycle of the sow. *Reproduction* 2010; 139: 153-161.

Padmanabhan V, McNeilly AS. Is there an FSH-releasing factor? *Reproduction* 2001; 121: 21-30.

Palzer A. Nicht ausgeschöpftes Leistungspotenzial im Abferkelstall-was kann die Ursache sein? *Besamungsunion aktuell - Zeitschrift der Besamungsunion Schwein* 2016; 1: 6-9.

Pati D, Habibi HR. Direct action of GnRH variants on goldfish oocyte meiosis and follicular steroidogenesis. *Molec. Cell. Endocrinol.* 2000; 160: 75-88.

Pelland C, Cassar G, Kirkwood RN, Friendship R. Fertility after intrauterine insemination with conventional or low numbers of spermatozoa in sows with synchronized ovulation. *J. Swine Health Prod.* 2008; 16: 188-192.

Peltoniemi OAT, Love RJ, Heinonen M, Tuovinen V, Saloniemi H. Seasonal and management effects on fertility of the sow: a descriptive study. *Anim. Reprod. Sci.* 1999; 55: 47-61.

Peltoniemi OAT, Tast A, Love RJ. Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Anim. Reprod. Sci.* 2000; 60-61: 173-184.

Peltoniemi OAT, Virolainen JV. Seasonality of reproduction in gilts and sows. *Soc. Reprod. Fertil. Suppl.* 2006; 62: 205-218.

Peter AT. An update on cystic ovarian degeneration in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 2004; 39: 1-7.

Plonait H. Fortpflanzungsphysiologie und Gynäkologie der Sau. In: *Fortpflanzungsphysiologie und Gynäkologie der Sau*, 4. edn 2004. Waldmann KH, Wendt M. Parey Verlag, Stuttgart. 399-466.

Prasse ME. Untersuchung zu Ovarialzysten beim Rind: Entstehungszeitpunkt und Beziehung zur Milchleistung und Gesundheit. *Diss. med. vet.* 2007. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. *Theriogenology* 1995; 44: 915-923.

Pursley JR, Silcox RW, Wiltbank MC. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1998; 81: 2139-2144.

Quesnel H, Prunier A. Endocrine bases of lactational anestrus in the sow. *Reprod. Nutr. Dev.* 1995; 35: 395-414.

Ramakrishnappa N, Rajamahendran R, Lin YM, Leung PC. GnRH in non-hypothalamic reproductive tissues. *Anim. Reprod. Sci.* 2005; 88: 95-113.

Rath D, Knorr C, Taylor U. Communication requested: Boar semen transport through the uterus and possible consequences for insemination. *Theriogenology* 2016; 85: 94-104.

Robertson DM. Inhibins and activins in blood: Predictors of female reproductive health? *Mol. Cell. Endocrinol.* 2012; 359: 78-84.

Roca J, Parrilla I, Rodriguez-Martinez H, Gil MA, Cuello C, Vazquez JM, Martinez EA. Approaches towards efficient use of boar semen in the pig industry. *Reprod. Domest. Anim.* 2011; 46: 79-83.

Rozeboom K, Troedsson M, Shurson G, Hawton J, Crabo B. Late estrus or metestrus insemination after estrual inseminations decreases farrowing rate and litter size in swine. *J. Anim. Sci.* 1997; 75: 2323-2327.

Rüsse I. Weiblicher Sexualzyklus. In: *Lehrbuch der Embryologie der Haustiere*, 3. durchgesehene Auflage. edn 2015. Rüsse I, Sinowatz F. Frick Kreativbüro & Onlinedruckerei, Bremen. 93-110.

Safranski TJ, Cox NM. Clinical Reproductive Physiology and Endocrinology of Sows: Mating Management. In: *Large Animal*

Theriogenology 2. edn 2007. Youngquist RS, Threlfall WR. Saunders Elsevier, Missouri, United States of America. 738-748.

Schally AV, Arimura A, Kastin AJ, Matsuo H, Baba Y, Redding TW, Nair RM, Debeljuk L, White WF. Gonadotropin-releasing hormone: one polypeptide regulates secretion of luteinizing and follicle-stimulating hormones. Science 1971; 173: 1036-1038.

Scheerboom JE, Van Adrichem PW, Taverne MA. Uterine motility of the sow during the oestrous cycle and early pregnancy. Vet. Res. Commun. 1987; 11: 253-269.

Schellander K. Künstliche Besamung. In: Tier-Biotechnologie, 1. edn 2005. Geldermann H. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 333-344.

Schneider F, Tomek W, Grundker C. Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and its natural analogues: a review. Theriogenology 2006; 66: 691-709.

Schneider F, Brüssow K-P, Kanitz W. Die GnRH-Anwendung in der Nutztierhaltung–Stand und neue Forschungsergebnisse. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 2008; 121: 110-120.

Schnorr B, Kressin M. Sexualzyklus. In: Embryologie der Haustiere, 6. edn 2011. Schnorr B, Kressin M. Enke Verlag, Stuttgart. 27-35.

Schnurrbusch U, Hühn U. Methoden der Fortpflanzungssteuerung. In: Fortpflanzungssteuerung beim weiblichen Schwein, 1. edn 1994a. Schnurrbusch U, Hühn U. Gustav Fischer Verlag, Jena. 69-123.

Schnurrbusch U, Hühn U. Biologische Grundlagen. In: Fortpflanzungssteuerung beim weiblichen Schwein, 1. edn 1994b. Schnurrbusch U, Hühn U. Gustav Fischer Verlag, Jena. 25-66.

Schnurrbusch U, Hühn U. Kennzahlen und Richtwerte für die Fruchtbarkeitsleistung. In: Fortpflanzungssteuerung beim weiblichen

Schwein, 1. edn 1994c. Schnurrbusch U, Hühn U. Gustav Fischer Verlag, Jena. 13-23.

Schnurrbusch U. Fruchtbarkeitsmanagement bei Rind und Schwein. Arbeitskreis Großtierpraxis. Dannenberg 1998: 13-20.

Schnurrbusch U. Bedeutung des Körperfettes für die Fruchtbarkeit von Sauen. Lohmann Information 2004; 4: 1-6.

Schnurrbusch U. Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung weiblicher Tiere. In: Schweinekrankheiten, 1. edn 2006. Heinritzi K, Gindele HR, Reiner G, Schnurrbusch U. Ulmer Verlag, Stuttgart. 179-303.

Schnurrbusch U. Insemination. In: Künstliche Besamung bei Haus- und Nutztieren, 2007. Waberski D, Busch W. Schattauer Verlag, Stuttgart. 209-221.

Sealfon SC, Weinstein H, Millar RP. Molecular mechanisms of ligand interaction with the gonadotropin-releasing hormone receptor. *Endocr. Rev.* 1997; 18: 180-205.

Sechin A, Deschamps JC, Lucia T, Jr., Aleixo JA, Bordignon V. Effect of equine chorionic gonadotropin on weaning-to-first service interval and litter size of female swine. *Theriogenology* 1999; 51: 1175-1182.

Sigmarsson H, Kauffold J. Incidence and fertility of sows with lactational estrus in a mid-size commercial sow farm with Danish genetic. Proc. 24th Int. Pig Vet. Soc. Congress. Dublin, Ireland 2016: 115.

Soede N, Noordhuizen J, Kemp B. The duration of ovulation in pigs, studied by transrectal ultrasonography, is not related to early embryonic diversity. *Theriogenology* 1992; 38: 653-666.

Soede NM. Boar stimuli around insemination affect reproductive processes in pigs: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 1993; 32: 107-125.

Soede NM, Helmond FA, Kemp B. Periovulatory profiles of oestradiol, LH and progesterone in relation to oestrus and embryo mortality in multiparous sows using transrectal ultrasonography to detect ovulation. *J. Reprod. Fertil.* 1994; 101: 633-641.

Soede NM, Wetzels CCH, Zondag W, de Koning MA, Kemp B. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.* 1995a; 104: 99-106.

Soede NM, Wetzels CCH, Zondag W, Hazeleger W, Kemp B. Effects of a second insemination after ovulation on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *J. Reprod. Fertil.* 1995b; 105: 135-140.

Soede NM, Kemp B. Expression of oestrus and timing of ovulation in pigs. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1997; 52: 91-103.

Soede NM, Van der Lelij J, Swarts H, Driancourt MA. Induction of ovulation in weaned sows: How much buserelin is needed to get a normal LH surge and normal embryonic development in primiparous or multiparous females? *Proc. 22nd Int. Pig Vet. Soc. Congress. Jeju, South Korea 2012*: 148-149.

Somoza GM, Miranda LA, Strobl-Mazzulla P, Guilgur LG. Gonadotropin-releasing hormone (GnRH): from fish to mammalian brains. *Cell. Mol. Neurobiol.* 2002; 22: 589-609.

Sower SA, Chiang YC, Lovas S, Conlon JM. Primary structure and biological activity of a third gonadotropin-releasing hormone from lamprey brain. *Endocrinology* 1993; 132: 1125-1131.

Spoolder HAM, Geudeke MJ, Van der Peet-Schwering CMC, Soede NM. Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. *Livestock Science* 2009; 125: 1-14.

Sprecher DJ, Strelow LW, Nebel RL. The response of cows with cystic ovarian degeneration to luteotropic or luteolytic therapy as assigned by latex agglutination milk progesterone assay. *Theriogenology* 1990; 34: 1149-1158.

Stähr B, Rothe L, Waberski D. Empfehlungen zur Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung und Transport von Ebersperma Handbuch für Besamungsstationen. Diss. med. vet. 2009. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Steверink DW, Soede NM, Bouwman EG, Kemp B. Influence of insemination-ovulation interval and sperm cell dose on fertilization in sows. *J. Reprod. Fertil.* 1997; 111: 165-171.

Steверink DW, Soede NM, Bouwman EG, Kemp B. Semen backflow after insemination and its effect on fertilisation results in sows. *Anim. Reprod. Sci.* 1998; 54: 109-119.

Stewart K, Flowers W, Rampacek G, Greger D, Swanson M, Hafs H. Endocrine, ovulatory and reproductive characteristics of sows treated with an intravaginal GnRH agonist. *Anim. Reprod. Sci.* 2010; 120: 112-119.

Swarts H, Rubion S, De Haas V, Cox P, Driancourt MA. A single fixed time insemination following ovulation induction by buserelin injection at 86 hrs after weaning in sows generates good fertility and prolificacy *Proc. 22nd Int. Pig Vet. Soc. Congress. Jeju, South Korea 2012a:* 276.

Swarts H, Tritel A, De Haas V, Cox P, Driancourt MA. Synchronization of estrus and ovulation by an Altrenogest/Buserelin treatment in gilts results in good fertility and prolificacy following a single fixed time AI. *Proc. 22nd Int. Pig Vet. Soc. Congress. Jeju, South Korea 2012b:* 90.

Thatcher WW, Drost M, Savio JD, Macmillan KL, Entwistle KW, Schmitt EJ, De la Sota RL, Morris GR. New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 1993; 33: 27-49.

Thun R. Physiologie und Pathophysiologie der Fortpflanzungsregulation. In: Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren, Studien-Sonderausgabe der 1. Auflage. edn 2009. Busch W, Zerobin K. Enke Verlag, Stuttgart. 19-38.

Tobias T. Sow group housing during early gestation; room for improvement. Proc. 24th Int. Pig Vet. Soc. Congress. Dublin, Ireland 2016: 382.

Touchette K, Allee G, Newcomb M, Boyd R. The lysine requirement of lactating primiparous sows. J. Anim. Sci. 1998; 76: 1091-1097.

Turzillo AM, Clapper JA, Moss GE, Nett TM. Regulation of ovine GnRH receptor gene expression by progesterone and oestradiol. J. Reprod. Fertil. 1998; 113: 251-256.

Ulgum RR, Fontana DL, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. Single fixed-time artificial insemination in gilts and weaned sows using pLH at estrus onset administered through vulvar submucosal route. Theriogenology 2016; 86: 1072-1080.

Vanholder T, Opsomer G, de Kruif A. Aetiology and pathogenesis of cystic ovarian follicles in dairy cattle: a review. Reprod. Nutr. Dev. 2006; 46: 105-119.

Vargas AJ, Bernardi ML, Wentz I, Neto GB, Bortolozzo FP. Time of ovulation and reproductive performance over three parities after treatment of primiparous sows with PG600. Theriogenology 2006; 66: 2017-2023.

Vetidata. Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht. 2016: http://www.vetidata.de/praeview/praeпарат_alleangaben.php?para=NzkzMTg=&reisuuche=1. 31.08.2016.

Viebahn S. Untersuchung zur Auswirkung sehr kurzer Säugezeiten auf die Fruchtbarkeitsleistungen von Sauen und Beeinflussung dieser durch eine

pharmakologisch induzierte Verlängerung der Günstzeit. Diss. med. vet. 2010. Justus-Liebig-Universität Gießen.

Von Borell E, Dobson H, Prunier A. Stress, behaviour and reproductive performance in female cattle and pigs. *Horm. Behav.* 2007; 52: 130-138.

Von Döcke F, Worch H. Investigations into uterine motility and mating reactions of sows. *Reprod Domest Anim* 1963; 7: 169-178.

Von Kaufmann F, Holtz W. Induction of ovulation in gonadotropin treated gilts with synthetic gonadotropin releasing hormone. *Theriogenology* 1982; 17: 141-157.

Waberski D, Weitze KF, Lietmann C, Lübbert zur Lage W, Bortolozzo FP, Willmen T, Petzoldt R. The initial fertilizing capacity of longerm-stored liquid boar semen following pre- and postovulatory insemination. *Theriogenology* 1994; 41: 1367-1377.

Waberski D, Weitze KF. Künstliche Besamung beim Schwein. In: *Künstliche Besamung bei Haus- und Nutztieren*, 1. edn 2007. Waberski D, Busch W. Schattauer, Stuttgart. 198-223.

Wähner M, Hoy S. Taschenbuch Schwein Schweinezucht und -mast von A bis Z. In: 1. edn 2009a. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 30-33.

Wähner M, Hoy S. Taschenbuch Schwein Schweinezucht und -mast von A bis Z. In: 1. edn 2009b. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 123.

Wähner M, Hoy S. Taschenbuch Schwein Schweinezucht und -mast von A bis Z. In: 1. edn 2009c. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 204-206.

Wähner M. Zucht- und Produktionsziele in der Schweinezucht. In: *Schweinezucht und Ferkelerzeugung*, 1. edn 2012. Hoy S. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 17-59.

Wähner M. Ferkelerzeugung und die Hormone. *Nutztierpraxis Aktuell* 2014; 47: 60-63.

Waller CM, Bilkei G. Effect of mating frequency on sow reproductive performance under field conditions and natural mating in large outdoor production units. *Reprod. Domest. Anim.* 2002; 37: 116-118.

Waßmuth R, Pabst W. Züchtung. In: *Tierproduktion*, 14. edn 2011. Weiß J, Pabst W, Granz S. Enke Verlag, Stuttgart. 102-141.

Watson PF, Behan JR. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: results of a commercially based field trial. *Theriogenology* 2002; 57: 1683-1693.

Weiss JM, Polack S, Treeck O, Diedrich K, Ortmann O. Regulation of GnRH I receptor gene expression by the GnRH agonist triptorelin, estradiol, and progesterone in the gonadotroph-derived cell line alphaT3-1. *Endocrine* 2006; 30: 139-144.

Weitze KF, Petrunkina A. Samenkonservierung, biochemische Grundlagen und Prinzipien der Einfrier- und Auftautechniken. In: *Künstliche Besamung bei Haus- und Nutztieren*, 1. edn 2007. Waberski D, Busch W. Schattauer, Stuttgart. 119-129.

White RB, Eisen JA, Kasten TL, Fernald RD. Second gene for gonadotropin-releasing hormone in humans. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1998; 95: 305-309.

White SA, Kasten TL, Bond CT, Adelman JP, Fernald RD. Three gonadotropin-releasing hormone genes in one organism suggest novel roles for an ancient peptide. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1995; 92: 8363-8367.

Willenburg KL, Miller GM, Rodriguez-Zas SL, Knox RV. Effect of boar exposure at time of insemination on factors influencing fertility in gilts. *J. Anim. Sci.* 2003; 81: 9-15.

Wiltbank MC, Gumen A, Sartori R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology* 2002; 57: 21-52.

Wolken A. Untersuchungen zur unchirurgischen und chirurgischen distalen intrauterinen Besamung mit reduzierter Spermienzahl bei Jung- und Altsauen. Diss. med. vet. 2001. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Wongkawewit K, Prommachart P, Raksasub R, Buranaamnuay K, Techakumphu M, De Rensis F, Tummaruk P. Effect of the administration of GnRH or hCG on time of ovulation and the onset of estrus-to-ovulation interval in sows in Thailand. *Trop. Anim. Health Prod.* 2012; 44: 467-470.

Wongtawan T, Saravia F, Wallgren M, Caballero I, Rodríguez-Martínez H. Fertility after deep intra-uterine artificial insemination of concentrated low-volume boar semen doses. *Theriogenology* 2006; 65: 773-787.

Zerobin K, Sporri H. Motility of the bovine and porcine uterus and fallopian tube. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.* 1972; 16: 303-354.

X. ANHANG

1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standardwerte für die makroskopische Beurteilung von Sperma	32
Tabelle 2: Herden- und Gruppengröße je Betrieb	38
Tabelle 3: Wochentag und Uhrzeit des Absetzens der Ferkel je Betrieb .	39
Tabelle 4: Uhrzeit und Tag der Follikelstimulation mit eCG-Gabe 24 Stunden nach dem Absetzen je Betrieb.....	40
Tabelle 5: Uhrzeit und Tag der Ovulationsstimulation mit Gonadorelin-Gabe 72 Stunden nach eCG-Gabe je Betrieb.....	40
Tabelle 6: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 1	41
Tabelle 7: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 2	42
Tabelle 8: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 3	43
Tabelle 9: Routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 4	43
Tabelle 10: routinemäßige Besamungstage und -zeiten in Betrieb 5.....	44
Tabelle 11: Behandlungsverfahren der Gruppen und Anzahl der behandelten Versuchstiere je Gruppe.....	45
Tabelle 12: Gesamtzahl der Versuchstiere je Betrieb und Gruppe	45
Tabelle 13: Einteilung und Beschreibung der Versuchsgruppen	46
Tabelle 14: Zeitpunkt und Wochentag der Buserelin-Gabe 83-89h nach dem Absetzen	47
Tabelle 15: Uhrzeit der KB mit einem Abstand von 30-33h zur Buserelin-Gabe	47
Tabelle 16: Synchronisationsverfahren mit Buserelin in den Gruppen 1 und 2 mit anschließend einmaliger KB.....	48
Tabelle 17: Besamungsverfahren der Tiere der Gruppe 3 und 4.....	48
Tabelle 18: Synchronisationsverfahren und Besamungsschema der Kontrollgruppe.....	49
Tabelle 19: Punkteverteilung für die Schaumbildung während der Brunst	49
Tabelle 20: Punkteverteilung für das Merkmal Ausfluss	50

Tabelle 21: Punkteverteilung der zyklusabhängigen Veränderungen an der Vulva	50
Tabelle 22: Punkteverteilung für das Merkmal Unruhe.....	50
Tabelle 23: Punkteverteilung für die Futteraufnahme während der Brunst	51
Tabelle 24: Punkteverteilung für den Urinabsatz.....	51
Tabelle 25: Punkteverteilung für Ohren stellen in der Brunst	51
Tabelle 26: Punkteverteilung für das Vorhandensein eines Duldungsreflexes.....	52
Tabelle 27: Punkteverteilung für die Duldung.....	52
Tabelle 28: Parameter der Abferkelung.....	54
Tabelle 29: Durchgeführte Paarvergleiche der erhobenen Parameter	58
Tabelle 30: Mittelwert des Gesamtduldungsscore der Gruppen 1&2 und der Kontrollgruppe mit Standardabweichung, Minimum und Maximum....	61
Tabelle 31: Vergleich des Duldungsreflexes zwischen Gruppe 1&2 mit 3	62
Tabelle 32: Mittelwerte und Standardabweichung der Ansauggeschwindigkeit in den Gruppen 1&2 und 3	62
Tabelle 33: Vergleich des Druckes bei der Besamung zwischen Gruppe 1&2 mit 3	63
Tabelle 34: Auftreten des Spermarückflusses in den Gruppen in Abhängigkeit vom Grad des Rückflusses	63
Tabelle 35: Ergebnis der Trächtigkeitskontrollen der vier Versuchsgruppen	64
Tabelle 36: Ergebnis der Trächtigkeitskontrollen der Versuchsbetriebe für die Versuchsgruppen 1, 2 und 3.....	64
Tabelle 37: Trächtigkeitsdauer in den verschiedenen Gruppen mit Standardabweichung, Minimum und Maximum.....	65
Tabelle 38: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Trächtigkeitsdauer der Betriebe aller Versuchsgruppen mit Ausnahme von Versuchsgruppe 4	67
Tabelle 39: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Trächtigkeitsdauer der Betriebe aller Versuchsgruppen mit Ausnahmen von Versuchsgruppe 4 aufgeteilt nach Durchgang 1 und 2.....	67
Tabelle 40: Verteilung der Trächtigkeitsdauer von ≤ 113 und > 113 Tagen innerhalb der Gruppen	68

Tabelle 41: Mittelwerte der Anzahl gesamt geborener Ferkel pro Sau aufgeteilt nach Gruppe.....	68
Tabelle 42: Mittelwerte der Anzahl gesamt geborener Ferkel pro Sau aufgeteilt nach Betrieb	69
Tabelle 43: Anzahl der Abferkelungen nach Erstbesamung der verschiedenen Gruppen.....	70
Tabelle 44: Anzahl der Abferkelungen nach Erstbesamung der verschiedenen Betriebe ohne die Tiere der Gruppe 4	70
Tabelle 45: Mittelwerte der Ferkelindices der jeweiligen Gruppe	70
Tabelle 46: Differenz zwischen trächtig gescanntem und tatsächlich abgeferkelten Sauen der einzelnen Betriebe	71
Tabelle 47: Differenz zwischen trächtig gescanntem und tatsächlich abgeferkelten Sauen je Gruppe	71
Tabelle 48: Vergleich des Parameter Duldung mit Trächtigkeitskontrolle	72
Tabelle 49: Vergleich von Duldung mit Trächtigkeitskontrolle in Gruppe 1&2	72
Tabelle 50: Vergleich der Duldung mit der Trächtigkeitskontrolle in Gruppe 3.....	73
Tabelle 51: Ergebnis der Trächtigkeitskontrolle im Vergleich zum Spermarückfluss	74

2. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Graphische Darstellung der Streuung des Gesamtduldungsscore von Gruppe 1&2 und Gruppe 3	61
Abbildung 2: Anteil der Tiere (%) mit verschiedenen Trächtigkeitsdauern in Gruppe 1&2 und in Gruppe 3.....	66

XI. DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Mathias Ritzmann für die Überlassung des aktuellen und interessanten Themas und die jederzeit gewährte Unterstützung sowie für die geduldige und zügige Korrektur der Arbeit.

Bei meinem Betreuer Herrn Dr. Dr. habil. Andreas Palzer bedanke ich mich herzlich für die verständnisvolle Unterstützung, die zahlreichen inspirativen Hilfestellungen und Korrekturen während der Erstellung der Arbeit.

Den Mitarbeitern der Klinik für Schweine, insbesondere Dr. Jasmin Nummerger und Christine Renken, danke ich für die Unterstützung in allen Fragen rund um die Erstellung der Arbeit. Ein ganz besonderes Dankeschön gilt Dr. Susanne Zöls, die mir tatkräftig unterstützend und verständnisvoll bei der Auswertung der Daten zur Seite stand.

Bei der Firma MSD Tiergesundheit bedanke ich mich für die Bereitstellung von Porceptal® und die finanzielle Unterstützung des Projektes. Mein Dank gilt Dr. Robert Tabeling, DVM PhD MBA Ricka Jolie und insbesondere bedanke ich mich bei Dr. Kerstin Fiebig vor allem für Ihre fachliche und ihre freundliche persönliche Betreuung.

Der BuS-Besamungsstation Herberlingen, insbesondere Dr. Beate Schumann und Gabriele Bullan danke ich für die Bereitstellung der Spermaportionen, für die freundliche und fachliche Hilfestellung in allen Fragen rund um die Erstellung der Dissertation.

Allen Kollegen und Mitarbeitern der Tierarztpraxis Scheidegg danke ich für ihr Verständnis und ihre Unterstützung in allen Phasen während der Erstellung der Doktorarbeit. Besonderer Dank gilt Dr. Markus Rahbauer, der immer ein offenes Ohr für mich hatte.

Ein herzliches Dankeschön gilt allen Landwirten und Mitarbeitern der Studienbetriebe, die mir während der praktischen Phase tatkräftig zur Seite standen und für Fragen und Wünsche jederzeit offen waren.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie für die allgegenwärtige Unterstützung und das grenzenlose Verständnis. Meinem Vater und meiner Mutter danke ich für die Hilfe bei der Erstellung des Summarys und die Unterstützung während des Studiums und der Dissertation. Meiner Schwester Katja danke ich für ihre Korrekturen und hilfreichen Ratschläge. Ohne euch wäre ich nicht so weit gekommen. Vielen lieben Dank!