

Einfluss einer eCG-Applikation im Puerperium
auf die Fruchtbarkeit von Fleckvieh-Milchkühen

ARMIN HOFER



Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autoren dieses Werkes.

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

1. Auflage 2020

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

1st Edition 2020

© 2020 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

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

www.doktorverlag.de

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin, Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie
der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. A. Wehrend

Einfluss einer eCG-Applikation im Puerperium auf die Fruchtbarkeit von Fleckvieh-Milchkühen

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Armin Hofer

Tierarzt
aus Deutschnofen

Gießen 2019

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. M. Kramer

Gutachter: Prof. Dr. Axel Wehrend
Prof. Dr. Melanie Hamann
Prof. Dr. Sybille Mazurek

Tag der Disputation: 16. Dezember 2019

Für meine Familie

Abkürzungsverzeichnis

Arith. Mittelwert	Arithmetischer Mittelwert
BCS	body condition score
bds.	beiderseits
Ca	Kalzium
CL	Corpus luteum
eCG	equines Choriogonadotropin
e-LH	equines lutheinisierendes Hormon
FSH	follikelstimulierendes Hormon
ggr.	geringgradig
GnRH	Gonadotropin releasing Hormon
hgr.	hochgradig
HVL	Hypophysenvorderlappen
I. E.	internationale Einheiten
IGF-I	insulin-like growth factor 1
IKT	Innere Körpertemperatur
LH	lutheinisierendes Hormon
LKV	Landeskontrollverband
Max.	größter Wert
Mg	Magnesium
mgr.	mittelgradig
Min.	kleinster Wert
ml	Milliliter
n	Anzahl
NEB	negative Energiebilanz
n. m.	nicht messbar
OR	Odds Ratio (Risikoverhältnis)
p. i.	post inseminationem (nach Besamung)

p. p.	post partum
$\text{PGF}_{2\alpha}$	Prostaglandin $\text{F}_{2\alpha}$
PMSG	pregnant mare serum gonadotropin
RFD	Rückenfett dicke
TSH	Thyroidea stimulierendes Hormon
SD	Standardabweichung
SF	Streufaktor
μg	Mikrogramm
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
\bar{x}_g	geometrischer Mittelwert

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Equines Choriongonadotropin	2
2.1.1	Chemische Struktur	3
2.1.2	Einsatz von eCG im Puerperium	4
2.1.3	Einsatz von eCG außerhalb des Puerperium	7
2.2	Physiologische Uterusinvolution des Rindes im Puerperium	9
2.3	Physiologische Ovarfunktion des Rindes im Puerperium	15
2.4	Hormonelle Anregung der Uterusinvolution im Frühpuerperium beim Rind	20
3	Material, Methoden und Tiere	23
3.1	Versuchsziel	23
3.2	Tiere	23
3.3	Betriebe	23
3.4	Wirkstoffe	24
3.4.1	eCG	24
3.4.2	Gonadorelin	24
3.4.3	Butafosfan und Cyanocobalamin.....	25
3.5	Versuchsaufbau	25
3.6	Methoden	27
3.6.1	Klinische Untersuchung	27
3.6.2	Transrektale Untersuchung	31
3.6.3	Vaginale Untersuchung	35
3.7	Fruchtbarkeitskennzahlen	36

3.8	Milchleistung	37
3.9	Statistische Auswertung	37
4	Ergebnisse	41
4.1	Allgemein	41
4.2	Befunde am 10. Tag p. p.	42
4.3	Befunde am 25. Tag p. p.	47
4.4	Befunde am 42. Tag p. p.	53
4.5	Milchleistung	59
4.6	Entwicklung der Uterusrückbildung über 42 Tage.....	60
4.7	Fruchtbarkeitsdaten.....	72
4.8	Abgänge.....	77
4.9	Entwicklung der Rückenfettdicke über 42 Tage.....	78
5	Diskussion	81
5.1	Fragestellung	81
5.2	Diskussion der Methodik.....	82
5.3	Diskussion der Ergebnisse	84
5.4	Schlussfolgerung für die Praxis	94
6	Zusammenfassung.....	96
7	Summary.....	98
8	Tabellenverzeichnis	100
9	Abbildungsverzeichnis	103
10	Literaturverzeichnis	104
11	Danksagung.....	116
12	Erklärung	117

1 Einleitung

Der postpartale Zeitraum ist eine kritische Phase im Reproduktionszyklus der Milchrinder. Die physiologische Uterusinvolution und die Wiederaufnahme der Ovaraktivität nach der Kalbung sind grundlegend für eine gute Fruchtbarkeit.

Die physiologische Uterusinvolution beginnt unmittelbar nach Austreibung des Kalbes. Durch Ausstoßung der Nachgeburt, Retraktion des Uterusgewebes und Abbauprozessen von Drüsen- und Oberflächenepithelien bildet sich die Gebärmutter im postpartalen Zeitraum wieder in ihren nichtgraviden Zustand zurück, um für eine erneute Konzeption bereit zu sein. Viele Einflüsse, unter anderem puerperale Erkrankungen, verlängern die Uterusinvolution und führen damit zu einer verminderten Fruchtbarkeit (MATEUS et al., 2002; ROSTAMI et al., 2011).

Die hormonelle Anregung der Ovaraktivität nach der Geburt ist eine Strategie, um die puerperale Uterusinvolution zu beschleunigen.

Der Einsatz von GnRH oder PGF_{2α} im Puerperium soll einen positiven Einfluss auf die Involution und Ovarfunktion haben. In älteren Studien ließ sich ein Zusammenhang einer derartigen Behandlung mit der Involution darstellen (BOSTEDT et al., 1980), was in neueren Studien nicht der Fall war (HUSSEIN & EILTS, 1992).

In mehreren Untersuchungen wurde eCG im Puerperium verabreicht und dessen Einfluss auf die Eierstöcke und Gebärmutter beobachtet. Die Erkenntnisse dieser Studien zeigten einen positiven Einfluss von eCG auf das Ovar. Derartige Untersuchungen wurden jedoch bisher nicht an Fleckvieh durchgeführt (SHELDON & DOBSON, 2000; ROSTAMI et al., 2011; VOJGANI et al., 2013).

Ziel der vorliegenden Studie ist es zu überprüfen, ob sich eine Applikation von eCG am 10. Tag p. p. positiv auf die Uterusinvolution und auf die Fruchtbarkeitskennzahlen beim Fleckvieh auswirkt.

2 Literaturübersicht

2.1 Equines Choriongonadotropin

Equines Choriongonadotropin (eCG) ist ein extrahypophysäres Gonadotropin. Das Hormon wird von der Gebärmutterschleimhaut („endometrial cups“) von Stuten zwischen dem 40. und 120. Tag der Trächtigkeit gebildet und entfaltet bei nicht-Equiden LH- und FSH-Wirkung (SCHALLENBERGER, 2009). Erstmals wurde eCG 1930 aus trächtigen Stuten gewonnen und an Labortiere verabreicht, was bei den Empfängertieren zur Stimulation der Eierstöcke führte. Aufgrund der bioaktiven Komponente im Serum wurde es pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) benannt (MURPHY, 2012).

In den 70er Jahren bestätigten Studien, dass die „endometrial cups“ die Quelle des Hormons sind. Fetale Chorionzellen wandern in das Endometrium ein und formen die „endometrial cups“ (MURPHY, 2012). Um den 36. Tag der Trächtigkeit beginnen spezialisierte Trophoblastenzellen des Choriongürtels in das maternale Epithel einzuwandern (MURPHY & MARTINUK, 1991). Zu diesem Zeitpunkt kann eCG zum ersten Mal im Serum der Stute nachgewiesen werden (MURPHY, 2012). Die „endometrial cups“ und der eCG-Spiegel steigen mit voranschreitender Trächtigkeit an, um zwischen dem 70. – 80. Trächtigkeitstag ein Maximum zu erreichen (MURPHY, 2012). Mit dem 65. Tag erreichen die Cups ihre maximale morphologische Ausdehnung, werden mit Zunahme der Trächtigkeit zurückgebildet und sind bis zum 140. Tag verschwunden. Zeitversetzt fällt auch die Blutkonzentration von eCG ab (MURPHY & MARTINUK, 1991; MURPHY, 2012). Aufgrund des trophoblastischen Ursprungs des Hormons wurde es in equines Choriongonadotropin umbenannt (MURPHY & MARTINUK, 1991).

In Equiden bindet eCG nur an LH-Rezeptoren und entfaltet nur einen Bruchteil der LH-Bioaktivität von e-LH (MURPHY, 2012). Es bindet an den Gelbkörper von Stuten und unterstützt vermutlich die Erhaltung der Trächtigkeit. Ab dem 40. Trächtigkeitstag erscheinen akzessorische Gelbkörper, die zeitlich mit der Sekretion von eCG

zusammenfallen. Diese Beobachtung führt zur Hypothese, dass eCG zusätzliche Ovulationen induziert und dadurch die Trächtigkeit hormonell unterstützt (MURPHY, 2012).

Aufgrund der hohen Affinität für FSH- und LH-Rezeptoren am Ovar entfaltet eCG sowohl FSH-, als auch LH-Wirkung bei Nicht-Equiden (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Choriongonadotropinrezeptoren gehören zu einer Unterfamilie von Glykoproteinhoromon-Rezeptoren, die G-Protein-assoziiert sind.

2.1.1 Chemische Struktur

ECG ist ein heterodimeres Glykoproteinhoromon und besteht aus einer nicht-kovalent verbundenen α - und β -Untereinheit. Die Proteinstruktur der β -Untereinheit ist identisch mit der von equinem LH, die α -Untereinheit ist different (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Die α -Kette des Glykoproteins ist ähnlich der von LH, FSH und TSH von mehreren Tierarten. So weist die Primärstruktur der α -Kette von Pferde-CG in den ersten 110 Aminosäuren eine 66 % Homologie zu der von humanen -CG auf (MURPHY & MARTINUK, 1991). Die β -Ketten unterscheiden sich zwischen den Hormonen und sind für ihre spezifische Bindung und biologische Aktivität verantwortlich (MURPHY & MARTINUK, 1991; MURPHY, 2012). Die Sekundärstruktur von eCG wird durch die 10 halb-Cystin Rückstände, welche Disulfidbrücken bilden, beeinflusst. Drei der Disulfidbrücken bilden den sogenannten „Cystin-Knoten“ der Gonadotropin β -Ketten. Eine weitere Disulfid-Interaktion bildet eine Schleife, bekannt als „seatbelt“, die mit der α -Kette interagiert. Diese Regionen werden als wesentlich für die biologische Spezifität der Gonadotropine angenommen (MURPHY & MARTINUK, 1991; MURPHY, 2012). Abweichungen in Größe und Struktur der N- und O-Glykanketten, verbunden mit den Polypeptid α - und β -Ketten, führen zu Unterschieden in der Bindungsaktivität zwischen LH und eCG (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). ECG enthält mehrere und massigere Kohlenhydrate als e-LH, die 45 % der Molekülmasse ausmachen. Es enthält Sialinsäure, vor allem in seiner β -Untereinheit, das dem Hormon eine Halbwertszeit von

26 Stunden in Equiden beschert, länger als FSH und LH. Moleküle mit sialysierten Oligosacchariden haben einen geringeren Metabolismus in der Leber und geringe Filtration in der Niere. Deshalb führt eine Applikation von 1500 I. E. eCG bei Kühen zu einer Halbwertszeit von 45,6 Stunden und einer aktiven Konzentration bis zu 123 Stunden im Blutkreislauf (MURPHY, 2012; DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Der Gehalt an Sialinsäure schwankt nicht nur zwischen den einzelnen Tieren, sondern auch zwischen den Trächtigkeitsstadien (MURPHY & MARTINUK, 1991).

2.1.2 Einsatz von eCG im Puerperium

Der Einsatz von eCG im Puerperium dient in erster Linie zwei Hauptzielen:

- Behandlung der pathologischen Anöstrie post partum
- Anregung der Ovarfunktion post partum

Einige Studien haben in den letzten zwei Jahrzehnten die Auswirkungen von eCG auf das Ovar und den Uterus im Puerperium untersucht (SHELDON & DOBSON, 2000; ROSTAMI et al., 2011; VOJGANI et al., 2013; FREICK et al., 2017; SHARIFABAD, 2017; PATRON-COLLANTES et al., 2017; CANADAS et al., 2019).

ROSTAMI et al. (2011) untersuchten die Auswirkungen einer eCG Applikation am 6. Tag p. p. auf die erste Follikelwelle. Sie verabreichten sieben Holstein Färsen 500 I. E. eCG und sieben Holstein Färsen zusätzlich zum eCG 500 I. E. hCG, wenn der dominante Follikel eine Größe von 13 – 16 mm Durchmesser erreicht hatte. Die Ovarien wurden ab dem 6. Tag p. p. täglich bis zur dritten Ovulation ultrasonographisch untersucht. Fünf der sieben dominanten Follikel der ersten Follikelwelle aus der eCG und eCG/hCG Gruppen ovulierten. Die dominanten Follikel aus der Kontrollgruppe regressierten und die dominanten Follikel aus späteren Follikelwellen kamen zur Ovulation. Durch die Applikation von eCG ovulierten 100 % der eCG-Gruppe und 85,7 % der eCG/hCG-Gruppe innerhalb der ersten 20 Tage p. p., wohingegen keine der Färsen aus der Kontrollgruppe bis zu diesem Tag eine Ovulation aufwies. Die Hormonapplikation hatte keinen Einfluss auf die durchschnittliche Größe der Ovulationsfollikel oder die

Wachstumsrate der Follikel. Allerdings verkürzte sich der Zeitraum von der Kalbung bis zur ersten Ovulation signifikant von $48,1 \pm 6,9$ Tage der Kontrollgruppe auf $15,4 \pm 1,2$ Tage der eCG bzw. $21,0 \pm 4,3$ Tage der eCG/hCG Gruppe. Der durchschnittliche Durchmesser des Gelbkörpers zwischen den Behandlungsgruppen war nach der ersten Ovulation annähernd gleich groß, aber der CL der Behandlungsgruppe nahm zwischen der ersten und zweiten Ovulation signifikant an Größe zu. Ähnliche Werte ergaben sich für die mittlere Progesteronkonzentration. Die Konzentration in den Behandlungsgruppen war zwischen dem ersten und zweiten Zyklus nicht unterschiedlich, während die Konzentration vom ersten zum zweiten Zyklus anstieg.

VOJGANI et al. (2013) verabreichten am 6. Tag p. p. 500 I. E. eCG an 220 Holstein Friesian Kühen und maßen die Auswirkungen auf ihre Fruchtbarkeitsleistungen. Nach der freiwilligen Wartezeit von 42 Tagen wurden die Tiere bei sichtbarer Brunst künstlich besamt. Die Zeitspanne zur ersten Besamung war in der Behandlungsgruppe um fast zehn Tage kürzer als in der Kontrollgruppe ($74,4 \pm 1,8$ Tage vs. $84,2 \pm 2,8$ Tage). Auch die Güstzeit konnte durch die Applikation von eCG von $130,3 \pm 5,7$ Tagen auf $103,9 \pm 3,1$ Tagen reduziert werden.

SHELDON & DOBSON (2000) verabreichten am 14. Tag p. p. 250 I. E. eCG an 18 Holstein Kühe und 750 I. E. eCG an 20 Kühe, um die Auswirkungen auf Follikelwachstum, Östrogensekretion und Uterusinvolution zu untersuchen. Die Ovarien und Uterushörner wurden zwei, vier und sechs Tage nach der Hormonapplikation mittels Rektalultraschall untersucht. Durch die Gabe von eCG konnte die Hemmung der Follikulogenese des ipsilateralen Ovars überwunden werden. Die Summe der Follikeldurchmesser unterschied sich deshalb nicht signifikant zwischen den beiden Ovarien. Tiere der Kontrollgruppe bildeten weniger Follikel > 4 mm im ipsilateralen Horn der vorhergehenden Trächtigkeit, als im Kontralateralen. Durch die Verabreichung von eCG konnten die Autoren eine Steigerung der Plasma-Östradiol-Konzentration erreichen. Über den Studienzeitraum reduzierte sich der Uterusdurchmesser in seiner physiologischen Weise, allerdings hatte die Hormonapplikation keinen Einfluss auf die Uterusinvolution.

FREICK et al. (2017) untersuchten die Auswirkungen einer eCG-Applikation auf die Fruchtbarkeitsleistung von 1937 Holstein Kühen unterteilt in zwei Versuchsgruppen und eine Kontrollgruppe. Der ersten Gruppe (568 Tiere) wurden zwischen dem 9. und 15. Tag p. p. 600 I. E. eCG verabreicht, zwei Wochen nach der ersten Injektion erhielten die Tiere 500 µg Cloprostenol. Die zweite Gruppe (583 Tiere) erhielt zwischen dem 23. und 29. Tag p. p. ausschließlich 500 µg Cloprostenol. Die Kontrollgruppe (786 Tiere) blieb unbehandelt. Nach einer freiwilligen Wartezeit von 42 Tagen wurden jene Tiere, bei denen eine Brunst erkannt wurde, besamt. Alle Tiere, die bis zum 49. Tag p. p. als nicht brünstig erkannt wurden, durchliefen ein Presynch-Ovsynch-Programm. Nach erfolgter Trächtigkeitsuntersuchung zwischen dem 28. und 34. p. i., wurden die nicht trächtigen Tiere einem Ultra-Synch-Programm zugeführt. Die Applikation von eCG hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Rastzeit, Günstzeit, Besamungsindex oder Trächtigkeitsrate bis zum 150. Laktationstag.

PATRON-COLLANTES et al. (2017) untersuchten den Effekt einer eCG-Applikation zwischen 11. und 17 Tag p. p. auf den Erstbesamungserfolg bei hitzestressierten Hochleistungskühen. Die 214 Holstein Kühe der Behandlungsgruppe erhielten 500 I. E. eCG und den 187 Holstein Kühen der Kontrollgruppe wurde eine Kochsalzlösung verabreicht. Ab Tag 73 ± 10 p. p. durchliefen die Tiere ein „Short Double Cosynch“ und wurden im Anschluss an diesem besamt. Die eCG-Verabreichung verbesserte weder den Erstbesamungserfolg noch den Trächtigkeitsverlust bis zum 60 Tag p. i. während der Hitzeperiode.

SHARIFABAD (2017) applizierte in seiner Vergleichsstudie am 6. Tag p. p. 480 I. E. eCG an 25 Kühen und 21 µg eines GnRH-Analogons an 25 Kühen, um die Auswirkungen auf die Ovaraktivität beim Rind zu überprüfen. Als Parameter der Ovaraktivität wurde am 6. und 10. Tag p. p. die Östrogenkonzentration im Blut gemessen. Weder die eCG-Applikation noch die Applikation von GnRH führten zu einer signifikanten Steigerung der Östradiolkonzentration im Blut im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe.

CANADAS et al. (2019) untersuchten den Einfluss einer eCG Gabe am 8. Tag p. p. auf die erste Follikelwelle, uterine Involution und Gesundheitsstatus des Uterus. Dazu verabreichten sie in ihrer Studie 500 I. E. eCG an 16 Tiere und 2 ml einer 0,9 % Kochsalzlösung an 18 Tiere. Der Einsatz von eCG führte zur einer früheren Lutalen-Aktivität und mehreren Lutealen-Phasen bei den Kühen, nicht aber bei den Färsen. Des Weiteren beschleunigte die Applikation die Involution des graviden und nicht-graviden Horns der Kühe. Die Wiederaufnahme der Ovaraktivität konnte durch den Einsatz von eCG nicht beeinflusst werden.

2.1.3 Einsatz von eCG außerhalb des Puerperium

MONA E PINTO et al. (2014) untersuchten den Einfluss von eCG auf die uterine Vaskularisation, Uterusdurchmesser und Uterusdrüsen-Dichte. Sie verabreichten an sechs Nelore/Angus Kreuzungen 400 I. E. eCG (Stimulation) und an fünf Tieren 2000 I. E. (Superovulation) und maßen fünf Tage nach der Ovulation ultrasonographisch die Dicke der Uterushörner und die Durchmesser der uterinen Arterie eines Horns. Anschließend wurden histologische Schnitte der Gebärmutter angefertigt. Die Applikation von eCG hatte einen negativen Einfluss auf die Dichte der uterinen Blutgefäße, wohingegen die Superovulation die Dichte der Uterusdrüsen im Endometrium erhöhte. Auch der Durchmesser der A. uterina der superovulierten Gruppe war größer als jene der Kontrollgruppe.

In der Studie von BEZERRA MOURA et al. (2015) erhöhte sich durch die Applikation von 400 I. E. (Stimulation) oder 2000 I. E. (Superovulation) eCG die Mikrovaskularisation des Gelbkörpers. Die Dichte der Blutgefäße beider Behandlungsgruppen erhöhte sich signifikant gegenüber der Kontrollgruppe. Allerdings gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden eCG-Dosierungen. RIGOGGIO et al. (2013) untersuchte den Einfluss von eCG auf zellulärer Ebene des Gelbkörpers. Sie verabreichten dazu 400 I. E. (Stimulation) oder 2000 I. E. (Superovulation) an jeweils vier Nelore/Angus Kreuzungen und fertigten histologische

Schnitte des Gelbkörpergewebes an, um die Luteinzellen und deren Mitochondrien zu zählen und zu vermessen. Durch den Einsatz von eCG erhöhten sich sowohl die Anzahl und der Durchmesser von kleinen und großen Luteinzellen, als auch das Volumen und die Form der Mitochondrien. Durch die Applikation von eCG wird ein Anstieg der Progesteronkonzentration im Blut und eine Zunahme des Gelbkörperdurchmessers beschrieben (ROSTAMI et al., 2011; FERREIRA et al., 2013).

Bei terminierten Besamungsprotokollen, die eine Kombination der Gabe von GnRH, Progesteron und PGF_{2α} verwenden, kann ein Miteinbeziehen von eCG ins Protokoll eine Verbesserung der Ovulationssynchronisation und der Konzeptionsrate erzielen (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014).

GARCIA-ISPIERTO & LÓPEZ-GATIUS (2013 a) verabreichten an azyklischen oder stillbrünstigen Holstein Friesian Kühen 500 I. E. eCG + PGF_{2α} und 48 Stunden später GnRH. Die Tiere wurden 24 Stunden nach GnRH-Gabe besamt. Diese Hormonkombination verbesserte die Fruchtbarkeit bei „repeat breeder cows“ (OR 1,5) und reduzierte die Zwillingsträchtigkeitsrate (OR 0,4). Bei terminierten Besamungen, welche nach einem fünftägigen Progesteroneinfluss erfolgten, konnte die Gabe von 500 I. E. eCG zum Zeitpunkt der Entnahme der Vaginalspange, die Konzeptionsrate bei Holstein Friesian Kühen, die unter Hitzestress litten, verbessern (GARCIA-ISPIERTO et al., 2013 b). DORNELES TORTORELLA et al. (2013) verabreichten an 270 Fleischrindern zwei Tage vor der Entnahme der Progesteronvorrichtung aus der Vagina 400 I. E. eCG. Durch die frühere Gabe waren die präovulatorischen Follikel und der daraus resultierende Gelbkörper größer, die Trächtigkeitsrate und P4-Serumkonzentration höher. Laut einer Studie von PACALA et al. (2010) führte der Einsatz von 500 I. E. eCG in Kombination mit Progesteron (PRID®) bei azyklischen Kühen zur besseren Östrusinduktion und zu höheren Trächtigkeitsraten, als bei azyklischen Kühen welche mit einem Ovsynch-Programm synchronisiert wurden.

In anderen Studien konnte die zusätzliche Gabe von eCG bei terminierten Besamungen die Trächtigkeitsrate nicht steigern (GARCIA-ISPIERTO et al., 2012; PULLEY et al., 2013).

Aufgrund des FSH-Effekts wird eCG in einer Dosierung von 2000 - 2500 I. E. zur Superovulation im Rahmen des Embryotransfer eingesetzt (BARUSELLI et al., 2011; DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014).

2.2 Physiologische Uterusinvolution des Rindes im Puerperium

Als Puerperium versteht man den Zeitraum nach der Kalbung, in der sich die Geschlechtsorgane in den nichtgraviden Zustand zurückbilden. Das Puerperium wird als abgeschlossen erachtet, wenn die Gebärmutter sich wieder in die nichtträchtige Position zurückgebildet hat, die Gebärmutterhörner gleich in ihrem Durchmesser sind (SCULLY et al., 2013) und die zyklische Ovarfunktion wiederhergestellt wurde (EULENBERGER, 2009).

ZAREMBA (1990) teilt das Puerperium in drei Stadien ein:

- Im Frühpuerperium, etwa die ersten zehn Tage p. p, dominieren die Prozesse der Involution, Regression und Retraktion.
- Im klinischen Puerperium stehen die Regeneration des Oberflächen- und Drüsenepithels, die Abwehrvorgänge des Endometriums und die Ovarfunktion in Vordergrund.
- Im Gesamtpuerperium findet die Involution und Regeneration der Gebärmutter ihren Abschluss und die funktionelle Rückbildung ist abgeschlossen.

Das Frühpuerperium beginnt unmittelbar nach der Geburt. Innerhalb der ersten sechs Stunden nach Austrieb des Kalbes kommt es zum Abgang der Nachgeburt. Nachwehen verkleinern das Uteruslumen und der Zervikalkanal beginnt sich zu verkleinern. Die Karunkeln werden durch Wegfall des Blutdurchflusses langsam kleiner. Bis zum fünften Tag wird der Stratum compactum des Karunkelgewebes nekrotisch und zum Bestandteil der Lochien. Bis zum 10. Tag hat sich das meiste nekrotische Gewebe abgelöst und verflüssigt (NOAKES, 2009). Die Lochien sind physiologisch eine gelblich-braune visköse Flüssigkeit aus nekrotischem Material der Karunkeln, fetaler Flüssigkeit und Blut

aus dem abgerissenen Nabel. Nach der Geburt befinden sich ca. 1 - 2 Liter Lochien in der Gebärmutter. Der größte Teil wird schon nach zwei bis drei Tagen entleert und bis zum 18. Tag p. p. zur Gänze ausgeschieden (SHELDON, 2004). Die Ausstoßung der Lochien wird durch die Kontraktion der Gebärmutter mit deutlicher Längsfaltenbildung am dritten Tag p. p. verstärkt. Die Abbauvorgänge nach der Geburt führen zu einer logarithmischen Rückbildung des Uterus. In den ersten fünf Tagen p. p. kommt es zu einer starken Gewichtsverminderung des Uterus von anfänglichen 10 kg auf 5 kg (GRUNERT, 1993).

Ab dem ca. 10. Tag p. p. erfolgt der Übergang ins klinische Puerperium. Nach der raschen Verkleinerung in den ersten neun Tagen p. p. kann die Gebärmutter ab dem 10. Tag p. p. vollständig abgegrenzt werden. Mit zunehmender Tonisierung des Myometriums vom 10. – 14. Tag p. p. werden die noch vorhandenen Lochien ausgestoßen und die Durchmesser der Uterushörner verringern sich deutlich (GRUNERT, 1993). Um den 15. Tag p. p. hat sich die nekrotische Schicht vollständig abgelöst und lässt nur noch Reste der Blutgefäße aus dem Stratum compactum hervorsteigen, die sich bis zum 19. Tag abbauen.

Die Regeneration des Epithels des Endometriums beginnt unmittelbar nach der Geburt und ist im interkarunkularen Bereich bereits mit dem 8. Tag abgeschlossen. Ausgehend von den Uterindrüsen werden die nebenliegenden Karunkeln reepithelisiert. Diese kommt mit dem 25. Tag p. p. zu Ende, wobei die vollständige Abheilung zeitlich variieren kann (NOAKES, 2009). Bis zum 21. – 25. Tag p. p. hat sich der Uterus morphologisch fast vollständig zurückgebildet. Noch bis zum 28. Tag p. p. kann das gravide vom nicht-graviden Horn unterschieden werden. Die Gebärmutter hat jetzt noch ein Gewicht von ca. einem Kilogramm (GRUNERT, 1993; SHELDON, 2004).

Das Gesamtpuerperium endet mit der vollständigen Rückbildung der Gebärmutter in den nicht-graviden Zustand. Die anfänglich ca. 70 mm x 35 mm großen Karunkeln haben sich, im Zeitraum zwischen 40. – 60. Tag p. p. zu im Durchmesser 4 – 8 mm großen Erhebungen zurückgebildet. Im Gegensatz zu den Karunkeln von Färsen, sind jene von Kühen größer, besitzen eine Melaninpigmentierung und sind vermehrt

durchblutet (NOAKES, 2009). Die oberflächliche Regeneration des Endometriums ist bis zum 25. Tag p. p. abgeschlossen, wohingegen die tieferen Schichten sich erst bis zur achten Woche wiederhergestellt haben (SHELDON, 2004). Um den 50. Tag des Puerperiums wiegt der Uterus noch ca. 0,7 kg (GRUNERT, 1993). Der vollständig zurückgebildete Uterus von Färsen ist im Vergleich zu Kühen kleiner, da die Rückbildungsvorgänge zu keiner völligen Restitutio ad integrum führen, sondern es zu einer Größenzunahme der Gebärmutter nach dem ersten Puerperium kommt (GRUNERT, 1993). Sowohl der Uterusdurchmesser als auch dessen Länge und Volumen waren bei Kalbinnen kleiner. Nach Abschluss des Puerperiums war das Uterusvolumen von Kühen höher als jenes der Färsen ($126,9 \pm 2,4 \text{ cm}^3$; $148,2 \pm 2,3 \text{ cm}^3$) (BAEZ et al., 2015).

Parallel zur Involution des Uterus beginnt mit Austritt des Kalbes die Rückbildung der Zervix. Auch diese verläuft exponentiell: In den ersten 16 Stunden nach der Geburt kommt es zu einer Phase schneller Abnahme des Zervixdurchmessers sowie der Zervixöffnung. Im Anschluss kommt es bis zum 7. Tag p. p. zu einer Phase langsameren Abnahme. Mit zunehmender Rückbildung der Zervix bilden sich die Plicae cervicales von kranial nach kaudal und können ab dem 3. Tag p. p. bei allen Kühen ultrasonographisch dargestellt werden. Bis zum dritten Tag p. p. kann ein Lumen im Zervikalkanal erkannt werden, welches zwischen vierten bis siebten Tag verschwindet und anschließend wieder festgestellt werden kann. Bis zum 7. Tag hat sich der Öffnungsgrad des Zervixkanals von ca. 27 cm auf ca. 2 cm verringert und öffnet sich vom 7. bis zum 10. Tag p. p. nochmals leicht (WEHREND et al., 2003). Die rasche Wiederherstellung des Zervixkanals dient in erster Linie dem Aufbau einer physikalischen Barriere, um das Eindringen von Infektionserregern in den Uterus zu verhindern (GRUNERT, 1993). In der Studie von WEHREND & BOSTEDT (2004) konnte kein Zusammenhang von Zervix- und Uterusinvolutionstörungen hergestellt werden. Dies lässt die Autoren vermuten, dass die Involution von Zervix und Uterus unterschiedlichen Mechanismen unterliegen.

In der Literatur wird das Ende der Uterusinvolution unterschiedlich festgelegt. Diese Differenz ist auf die verschiedenen Untersuchungsmethoden und Auffassungen zum Ende der Involution zurückzuführen.

Die Uterusinvolution wird als abgeschlossen erachtet, wenn die Gebärmutter sich wieder in die normale, nichtträchtige Position zurückgebildet hat und die Gebärmutterhörner ähnlich in ihrem Durchmesser, Tonus und ihrer Konsistenz sind (EL-DIN ZAIN et al., 1995; SCULLY et al., 2013). In mehreren Studien schwankt die Angabe zum Ende der Involution von 23 bis 52 Tage (Tabelle 1).

Tabelle 1: Angaben zur Gesamtdauer des Puerperiums beim Rind nach verschiedenen Autoren

Verfasser	Definition Ende des Puerperiums	Tag p. p.
EL-DIN ZAIN et al. (1995)	Beide Hörner sind annähernd symmetrisch und liegen innerhalb des Beckens.	23 bis 42 80,6 % < 35
ROCHE (2006)	Keine Definition	< 50
KAMIMURA et al. (1993)	Der Uterusquerschnitt erreicht den kleinsten Wert.	41,5 ± 5,8
OKANO & TOMIZUKA (1987)	Keine Definition	40
SCULLY et al. (2013)	Keine Veränderung von Durchmesser der Uterushörner und -körper	43 - 45

ZHANG et al. (2010)	Keine Änderung des Durchmessers der Zervix und des vorhergehenden trächtigen Horns	22 - 35
HAJURKA et al. (2005)	Stabilisierung der Uterusgröße, Lage innerhalb des Beckens, normaler Tonus	23 - 27

Mit dem Beginn des Einsatzes von Ultraschallgeräten konnte die Rückbildung des Uterus durch metrische Werte objektiver bestimmt werden. Als Pioniere verwendeten OKANO & TOMIZUKA (1987) den Ultraschall zur Dokumentation der Uterusinvolution. Sie betrachteten die Involution um den 40. Tag p. p. als abgeschlossen. In der Studie von EL-DIN ZAIN et al. (1995) schlossen die Kühe die physiologische Uterusinvolution zwischen dem 23 und 42 Tag p. p. ab. Innerhalb von 28 Tagen beendeten fast ein Drittel der untersuchten Tiere (29,2 %) die Rückbildung, 51,4 % zwischen Tag 29 – 35 p. p. und 19,4 % nach Tag 36 p. p. In der Untersuchung von KAMIMURA et al. (1993) erreichte der Uterusquerschnitt an Tag $41,5 \pm 5,8$ seinen Nadir. Im Anschluss veränderte sich die Größe des Uterushorns nur noch durch die Fluktuation des Endometriums im Zyklus.

Die Rückbildung der Gebärmutter wird von vielen Faktoren des Tieres und Einflüssen aus der Umwelt beeinflusst.

In der Studie von SCULLY et al. (2013) zeigte sich kein Unterschied der Uterusinvolution zwischen laktierenden und nicht laktierenden Kühen ($43,2 \pm 3,9$ bzw. $44,7 \pm 3,4$ Tagen). Die Zeitspanne der Rückbildung des graviden Horns nach der Geburt verlängerte sich mit Zunahme der Laktation. So beendeten in der Studie von EL-DIN ZAIN et al. (1995) Färsen die Rückbildung schneller als Kühe (31 Tage vs. 34 - 36 Tage). Auch in der Studie von HAJURKA et al. (2005) schlossen Tiere nach der ersten

Geburt die Uterusinvolution früher ab als Kühe mit zwei oder mehr Laktationen ($23,0 \pm 5,3$ vs. $27,3 \pm 5,5$ Tage). Hingegen dauerte in der Studie von ZHANG et al. (2010) die Rückbildung bei Färsen $35,3 \pm 4,6$ Tage, bei Kühen hingegen nur $22,7 \pm 4,5$ Tage. Mit Zunahme der Milchleistung verlängerte sich auch die Involution der Gebärmutter (EL-DIN ZAIN et al., 1995).

Kühe mit puerperalen Erkrankungen zeigen eine längere Involution als Kühe ohne diese Erkrankungen (EL-DIN ZAIN et al., 1995; MATEUS et al., 2002; HAJURKA et al., 2005). Kühe mit Nachgeburtverhalten, die ihre Nachgeburt nicht innerhalb der ersten 12 Stunden nach Geburt ausstoßen, haben eine verlängerte Uterusinvolution, sind prädisponiert für Endometritis, Metritis und verminderte Fruchtbarkeit (ROCHE, 2006). In der Studie von HAJURKA et al. (2005) zeigten Kühe mit einem pathologischen Puerperium eine um 10 Tage verlängerte Uterusinvolution, so dass bis zum 25 Tag p. p. nur 6,9 % der erkrankten Färsen und 2,5 % der Kühe die Gebämmutterrückbildung abgeschlossen hatten. Im Gegensatz dazu haben 75 % der Färsen und 46,7 % der Kühe mit einem physiologischen Puerperium die Uterusinvolution bis zu diesem Tag abgeschlossen. Färsen mit einer ggr. Gebämmutterentzündung schlossen die Rückbildung um 14,9 Tage früher ab, Kühe um 10,8 Tage als jene mit einer hgr. Entzündung. Bei Tieren mit Ovarialzysten innerhalb der ersten 30 Tage p. p. verlängerte sich die durchschnittliche Uterusinvolution auf $32,9 \pm 8,4$ Tage. Kühe mit Nachgeburtverhaltung und akuter Endometritis benötigten für die Gebämmutterrückbildung am längsten.

MATEUS et al. (2002) stellten die verzögerte Involution in Zusammenhang mit dem Grad der Endometritis und Flüssigkeitsansammlung im Uterus. Tiere mit einer hgr. Endometritis und starken Füllung des Gebämmutterkörpers wiesen eine verlängerte Involution auf, wohingegen Tiere mit einer ggr. Endometritis keinen signifikanten Unterschied zu gesunden Kühen zeigten (MATEUS et al., 2002).

HEPPELMANN et al. (2015) untersuchten an 12 Holstein Friesian Kühen die Auswirkung einer Metritis und subklinischen Hypocalcämie auf die Uterusinvolution. Ein subklinischer Kalziummangel führte zu einer verzögerten Involution, durch eine

verminderte Rückbildung der Uteruslänge zwischen 1. und 21. Tag p. p. Die Ausbildung einer Metritis (Grad 1) hatte einen größeren Durchmesser des vorhergehend trächtigen Horns zwischen Tag 15 und 21 p. p. zur Folge.

Kühe, welche im Frühling oder Sommer kalbten, schlossen die Gebärmutterrückbildung um zwei Tage früher ab als jene, die im Herbst oder Winter kalbten (EL-DIN ZAIN et al., 1995).

2.3 Physiologische Ovarfunktion des Rindes im Puerperium

Die hohe Konzentration von Progesteron während der Trächtigkeit unterdrückt die Hypothalamus-Hypophysen-Achse und verhindert die Sekretion von GnRH. Als Folge kommt es zu keiner Anregung der LH- und FSH-Sekretion (SHELDON, 2004).

Ausgehend von der Ausschüttung von ACTH durch den Fötus kommt es kurz vor der Geburt zum Anstieg von maternalen Östrogenen und als deren Folge wird $\text{PGF}_{2\alpha}$ aus dem Endometrium freigesetzt. Dieses kann noch bis $13,5 \pm 2,9$ Tagen post partum vom Uterus ausgeschüttet werden (LINDELL et al., 1982; SCHALLENBERGER, 2009). Nach der Geburt sinken die Steroidhormone auf ihren Basalwert zurück. Nach Rückbildung des Trächtigkeitsegelbkörpers und mit Aufhebung der Blockade kommt es zu einer kurzen anovulatorischen Periode (SAVIO et al., 1990 b; SHELDON, 2004). Sowohl LH als auch FSH haben eine gemeinsame basale (tonische) Freisetzung unabhängig von GnRH-Impulsen. In der frühen postpartalen Periode kommt es zu Wachstum und Regression von Follikeln, welche kleiner als acht mm sind. LH wird nach seiner Synthese in den gonadotropen Zellen des Hypophysenvorderlappen (HVL) gespeichert und wird durch ein GnRH-Signal in die Kapillaren sezerniert. FSH dagegen erfährt kaum eine Speicherung, daher ist die Sekretion abhängig von der Syntheseleistung. In dieser Periode kommt es zur nicht-frequentierten Freisetzung von GnRH, welches beginnend mit der ersten Woche p. p. die FSH-Konzentration innerhalb von zwei bis drei Tagen ansteigen lässt und zur Ausbildung der ersten Follikelwelle führt (PETER et al., 2009; SAVIO et al., 1990 b; MEINECKE, 2010).

Beginnt ein Primärfollikel aus dem Gesamtfollikelbestand mit dem Wachstum, so durchläuft er es bis zur Ovulation oder atresiert. Das erste Wachstum erfolgt hormonunabhängig und erst nach mehreren Teilungen der Granulosazellen ist der Follikel von der endokrinen Versorgung abhängig. Die endokrine Steuerung der Follikelreifung erfolgt über die Granulosa- und Thekazellen (MEINECKE, 2010). Hat der Follikel sein gonadotropines Stadium erreicht, weisen seine Granulosazellen FSH-Rezeptoren und seine Theka-interna-Zellen LH-Rezeptoren auf. Das aus dem HVL freigesetzte LH bindet an seinen Rezeptor an den Thekazellen und stimuliert durch die Vermittlung von cAMP die Synthese von Androgenen. Das vorhandene FSH bindet an den Rezeptor an den Granulosazellen und stimuliert die Aromatisierung der Androgene aus den Thekazellen zu Östrogenen. Die Anzahl der FSH-Rezeptoren ist pro Granulosazelle limitiert, aber steigt durch die Zunahme der Granulosazellzahl. Das synthetisierte Östrogen wirkt mitogen. Nur wenn es dem Follikel gelingt aus den Androgenen ausreichend Östrogene zu synthetisieren atresiert er nicht. Die wachsenden Follikel produzieren Inhibin und Östrogene. Der Anstieg von Östrogen stimuliert die GnRH-Ausschüttung, die vermehrte Sekretion von LH und hemmt über eine negative Rückkopplung jene von FSH. Auf follikulärer Ebene induziert das Östrogen das Einsprossen von Blutgefäßen in die Theca interna und der Follikel erhält mehr Blut als die Übrigen. Er übt jetzt eine passive Dominanz gegenüber den Konkurrenzfollikeln aus, da er durch die bessere Blutversorgung mehr FSH binden kann. In der Endphase der Reifung induziert das Östrogen die zusätzliche Ausbildung von LH-Rezeptoren an den Granulosazellen. Der dominante Follikel bildet LH- und IGF-1-Rezeptoren aus, reagiert auf die LH-Impulse und ist nicht mehr von der FSH-Stimulation abhängig. LH stimuliert die Synthese von Östradiol, welche zu einer weiteren FSH-Absenkung führt. Die restlichen Follikel können aufgrund der sinkenden FSH-Konzentration nicht mehr wachsen und atresieren (SAVIO et al., 1990 b; MEINECKE, 2010).

Ultrasonographisch kann die erste Follikelwelle zwischen 6. – 8. Tag p. p. dargestellt werden. Um in eine zyklische Ovaraktivität zurückzukehren, muss eine pulsatile LH-

Sekretion wiederhergestellt werden. Die postpartale Erholung des hypophysären LH-Gehalts und seine Ausschüttung durch GnRH ist bei Milchrindern zwischen 10. und 14. Tag p. p. abgeschlossen (SHELDON, 2004). Von zwei bis fünf kleinen Follikeln bildet sich ein dominanter Follikel (≥ 10 mm) heraus, welcher um den 10. Tag p. p. (Variationsbereich von $11,6 \pm 8,9$ Tage) sonographisch dargestellt werden kann. Der dominante Follikel ovuliert drei bis fünf Tage nach der ersten Darstellbarkeit (SAVIO et al., 1990 a; SHELDON, 2004; NOAKES, 2009; SCHALLENBERGER, 2009). Das Ovar im kontralateralen Horn bezogen auf die vorhergehende Trächtigkeit, weist zwischen 14 - 28 Tagen p. p. im Vergleich zu dem Gegenüberliegenden eine höhere Anzahl an Follikeln, größer als 8 mm im Durchmesser, auf. Die Follikel auf dem kontralateralen Ovar sind größer und östrogenaktiver, als diejenigen im Ipsilateralen. Die Mehrheit (70 – 82 %) der dominanten Follikel reifen auf dem kontralateralen Horn. Daher finden post partum mehr erste Ovulationen auf dem kontralateralen Ovar statt (SHELDON et al., 2000; SHELDON, 2004). Bereits bei der zweiten Ovulation ist die Verteilung annähernd gleich, mit Tendenz zugunsten des kontralateralen Ovars. Dem dominanten Follikel kommen drei mögliche Schicksale entgegen: Ovulation und Bildung eines CL (30 - 80 %); Atresie und Bildung einer zweiten Follikelwelle (15 – 60 %); Persistenz und Bildung einer Ovarzyste (1 – 5 %) (SHELDON, 2004; ROCHE, 2006).

Die Wiederaufnahme der zyklischen Ovaraktivität ist zum größten Teil von der LH-Frequenz abhängig (CROWE et al., 2014). Eine hohe LH-Frequenz führt zur Ovulation, eine niedrige zur Atresie und eine intermediäre zur Persistenz des dominanten Follikels. Sowohl die Atresie, als auch die Persistenz führen zu einer Verzögerung der ersten Ovulation (SHELDON, 2004). Ob es zu einer Ovulation kommt, hängt von der Größe des dominanten Follikels, dem LH-Impuls und der Konzentration von IGF-I ab (NOAKES, 2009). Die zur Ovulation nötige LH-Frequenz ist ungefähr 1 Impuls/Stunde. Diese Frequenz sichert eine ausreichende Östradiol-Konzentration, welche nötig ist, um ein positives Feedback zu induzieren und eine Ovulation auszulösen (SHELDON, 2004; ROCHE, 2006). Das präovulatorisch freigesetzte LH bindet an die Granulosa- und Thekazellen und aktiviert eine Reihe von Enzymsystemen, die eine Luteinisierung der

Zellen und die Ovulation induzieren. Bei der Ovulation wird durch die Vermittlung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ und PGE_2 in der Follikelflüssigkeit zunächst ein Bereich der Follikelwand gefäßlos. Infolge dieser Veränderung kommt es zu einem Riss in der Follikelwand (Stigmabildung) und zur darauffolgenden Ovulation (MEINECKE, 2010). Die erste Ovulation erfolgt meistens innerhalb der ersten drei Wochen (NOAKES, 2009; REIST et al., 2000; KAWASHIMA et al., 2006; SANTOS et al., 2009; GAUTAM et al., 2010). Ovuliert die Kuh vor dem 35 Tag post partum, sprechen GAUTAM et al. (2010) von einer normalen Aufnahme der Ovaraktivität. Die erste Ovulation wird meistens (94 %) von einer „stillen Brunst“ begleitet (SAVIO et al., 1990 b). Aus den Granulosa- und Thekazellen des ovulierten Follikels formen sich die Luteinzellen des Gelbkörpers. Jede Luteinzelle erhält in der Gelbkörperentwicklung ein eigenes Kapillargefäß, über welches das von der Zelle sezernierte Progesteron in den Kreislauf abgegeben werden kann (MEINECKE, 2010).

Nach der ersten Ovulation kann es zu einer verkürzten (mit weniger als 14 Tagen), oder normalen (zwischen 18 – 25) Lutealphase kommen (NOAKES, 2009). Eine verkürzte Lutealphase nach der ersten Ovulation kommt bei der Hälfte der Färsen und bei 80 % der Kühe vor. Tiere mit einer verkürzten Lutealphase weisen einen niedrigeren Progesteronwert auf. Die verkürzte Lutealphase kommt vermutlich aufgrund einer verfrühten Freisetzung von $\text{PGF}_{2\alpha}$ durch die erhöhte Östradiolproduktion des postovulatorischen Follikels zwischen Tag 5 – 8 des Zyklus zustande (NOAKES, 2009). Dennoch reicht dieser verkürzte Zyklus für eine normale Wiederaufnahme der Ovaraktivität aus (KAWASHIMA et al., 2006). In einer Studie von SHRESTHA et al. (2004) zeigten 2/3 der Kühe eine verspätete Aufnahme der Ovarzyklizität nach der Geburt.

Die Wiederaufnahme der zyklischen Ovaraktivität wird von Milchleistung, NEB, Jahreszeit, Anzahl der Kalbungen, Klima und Erkrankungen der Gebärmutter negativ beeinflusst und führt zu einer Verlängerung der azyklischen Phase post partum (EL-DIN ZAIN et al., 1995; NOAKES, 2009). Ein verspäteter Zyklus (kein signifikanter Anstieg

des Progesterons bis zum 50. Tag) und eine verlängerte Lutealphase (> 20 Tage) machen zusammen 88 % der Störungen aus. Die restlichen 12 % gehen auf den Ausfall der Zyklizität und eine verkürzte Lutealphase zurück (OPSOMER et al., 2000).

Der Einfluss der Anzahl an Kalbungen wird in der Literatur kontrovers diskutiert. So berichteten DARWASH et al. (1997) von einem positiven Zusammenhang zwischen Kalbung und Anzahl der Tage bis zur ersten Ovulation. In der Studie von EL-DIN ZAIN et al. (1995) nahmen die Färsen die Ovaraktivität mit $25,5 \pm 2,9$ Tagen p. p., Kühe in der 2. Laktation mit $26,0 \pm 2,1$ Tagen und Kühe mit drei oder mehr Laktationen mit $30,3 \pm 3,6$ Tagen auf. LUCY et al. (1992) berichten hingegen von einem längeren Intervall bei Kalbinnen im Gegensatz zu Kühen. In der Studie von TANAKA et al. (2008) ovulierten Kühe früher als Färsen ($17,3 \pm 6,3$ vs. $31,8 \pm 8,3$). Die Anzahl der Follikelwellen, welche die Autoren als mögliche Ursache für die spätere Ovulation sehen, tendierten dazu bei Kalbinnen höher zu sein als bei Multiparen ($2,7 \pm 0,8$ vs. $1,3 \pm 0,8$).

Eine hohe Milchleistung korreliert positiv mit einer verlängerten Lutealphase. Kühe mit einer Milchleistung >50 kg hatten eine größere Wahrscheinlichkeit einer verlängerten Lutealphase als jene darunter (KAFFI et al., 2012).

Kühe, welche in der Winterzeit abkalben, haben ein 5,7-fach höheres Risiko einer verspäteten Ovulation, als Kühe in der Weidesaison (OPSOMER et al., 2000).

Tiere in einer NEB weisen geringere periphere Konzentrationen von IGF-I und LH im Blut auf, welche die Entwicklung der Follikel vorantreiben. Eine NEB verringert die Frequenz der LH-Ausschüttung und die Ansprechbarkeit des Ovars auf LH (SHELDON & DOBSON, 2004). Die daraus resultierende Folge ist eine verspätete Ovulation durch inaktive Eierstöcke (94 %) und Ovarzysten (6 %) (SHRESTHA et al., 2004).

Verlieren Kühe innerhalb der ersten 30 Tage p. p. stark Körperkondition, haben sie ein erhöhtes Risiko für eine verzögerte Ovaraktivität (OPSOMER et al., 2000). Verlieren sie 1 - 1,5 Punkte in der BCS-Skala erhöht sich der Zeitraum bis zur ersten Ovulation. Kalben Kühe mit einem niedrigen BCS (< 2,5) haben sie ein erhöhtes Risiko für eine postpartale Endometritis und eine verlängerte anöstrische Phase (ROCHE, 2006; KADIVAR et al., 2014). Eine Erhöhung von einem Punkt in der BCS-Skala in der 2. oder

4. Woche p. p. reduzierte das Risiko einer klinischen Endometritis um 83 % bzw. 25 % (KADIVAR et al., 2014).

Eine Erkrankung des Uterus birgt ein erhöhtes Risiko für eine Störung der Ovaraktivität. Kühe mit abnormalem Puerperium benötigten für die Wiederaufnahme der Ovaraktivität im Schnitt 8,4 Tage länger ($22,4 \pm 1,4$ vs. $30,8 \pm 3,1$ Tage) als jene ohne (EL-DIN ZAIN et al., 1995). Bei 64 % der Kühe mit einem vaginalen Ausfluss innerhalb der ersten 5 Wochen nach der Geburt und bei 94 % der Kühe mit einer unvollständig zurückgebildeten Gebärmutter, kam es zu einer verspäteten Aufnahme der zyklischen Ovarfunktion aufgrund einer verlängerten Lutealphase nach der ersten Ovulation (SHRESTHA et al., 2004). Tiere mit einer schwerwiegenden Endometritis zeigten eine abnormale Ovaraktivität, wie Ovarialzysten und eine verlängerte Lutealphase (MATEUS et al., 2002). Weist der Uterus hohes bakterielles Wachstum in der ersten oder dritten Woche p. p. auf, werden weniger dominante Follikel im ipsilateralen Ovar gebildet. Die dominanten Follikel sind kleiner, das Wachstum langsamer und die Östrogensekretion vermindert. Die Endotoxine beeinflussen zwar die FSH-Konzentration nicht, blockieren aber die GnRH-Sekretion und die Ansprechbarkeit der Hypophyse auf GnRH (SHELDON, 2004). Die Endotoxine schädigen das Ovar direkt durch proinflammatorische Moleküle, wie z. B. $\text{TNF}\alpha$, IL-1 und IL-6 der Immunzellen. So unterdrückt $\text{TNF}\alpha$ die Östradiol-Sekretion der Granulosa- und Thekazellen in vitro (SHELDON & DOBSON, 2004).

2.4 Hormonelle Anregung der Uterusinvolution im Frühpuerperium beim Rind

GnRH kontrolliert die Freisetzung von LH und die Sekretion von FSH aus dem Hypophysenvorderlappen. Da im Frühpuerperium die LH-Ausschüttung noch unzureichend ist, wird GnRH im Puerperium eingesetzt, um eine erhöhte Freisetzung von LH aus der Hypophyse zu erreichen (SAVIO et al., 1990 b; GÜMEN & SEGUIN, 2003). $\text{PGF}_{2\alpha}$ wird hauptsächlich wegen seiner luteolytischer Eigenschaft eingesetzt.

BOSTEDT et al. (1980) verabreichten zwischen 10. und 12. Tag p. p. 20 µg eines GnRH-Analogons an 69 Holstein Friesian Kühen mit einer Retentio secundinarum. Bis zur sechsten Woche post partum hatten 85 % der Tiere einen involvierten Uterus. Mit 92,2 % hatten mehr behandelte Kühe einen vollständig zurückgebildeten Uterus als die Kontrollgruppe. Auch die Regression der Zervix lief bei den behandelten Kühen schneller ab.

GÜMEN & SEGUIN (2003) verabreichten am 14. Tag p. p. 100 µg eines GnRH-Analogons intramuskulär an 14 Holstein Friesian Kühe und ein subkutan Implantat an 12 Kühe. Bei beiden Behandlungsgruppen kam es zu einer LH-Ausschüttung, wohingegen es bei der Kontrollgruppe keinen Anstieg der LH-Konzentration gab. Zwischen den beiden Applikationsarten gab es keinen Unterschied der LH-Profile. Durch die GnRH-Injektion ovulierten 41 % der behandelten Tiere (GÜMEN & SEGUIN, 2003). HUSSEIN & EILTS (1992) verabreichten an 47 Holstein Friesian Kühe ein GnRH-Analogon zwei Mal im Abstand von einer Stunde, alle drei bis vier Tage. Diese Applikation führte zu einem früheren Anstieg der Progesteronkonzentration, allerdings hatte die Behandlung keinen signifikanten Einfluss auf die Günstzeit. SHARIFABAD (2017) konnte durch die Verabreichung von 21 µg GnRH am 6. Tag p. p. keine Steigerung der Östradiol-Synthese erreichen, welche er als Indikator für die Steigerung der Ovaraktivität, als auch die des Follikelwachstums verwendete.

STEVENSON & CALL (1988) untersuchten den Einfluss einer GnRH oder PGF_{2α} - Applikation im postpartalen Zeitraum. Dafür verabreichten sie zwischen dem 11. und 25. Tag p. p. 100 µg GnRH an 211 Holstein Kühe, 25 mg PGF_{2α} zwischen 11. und 25. Tag p. p. an 215 Kühe oder zwischen 25. und 40. Tag p. p. an 190 Kühe. Die Behandlung mit GnRH hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Zeitraum bis zur ersten Brunst und einen negativen Effekt auf die Günstzeit. Die PGF_{2α}-Applikation verlängerte die Günstzeit, erhöhte den Besamungsindex und reduzierte die Trächtigkeitsrate.

JANOWSKI et al. (2001) kombinierten eine Antibiotika-Therapie mit einer GnRH und PGF_{2α}-Applikation, um die Involution bei puerperalen Endometritiden zu beschleunigen. Dafür injizierten sie zwischen dem 10. und 12. Tag p. p. 20 µg ein GnRH-Analogon an

30 Tiere und zehn Tage später folgten 500 µg PGF_{2α}. Die Tiere der Versuchsgruppe zeigten eine verkürzte Zeitspanne zum ersten Östrus, einen besseren Erstbesamungserfolg und eine kürzere Güstzeit. Am 42. Tag p. p. hatten mehr Hormon-behandelte Tiere (93,3 %) die Uterusinvolutions abgeschlossen, als jene mit einer reinen Antibiotikatherapie (82,5 %).

Eine Langzeitbehandlung mit GnRH-Agonisten kann zu einer Reduktion der Anzahl der GnRH-Rezeptoren, Desensibilisierung der Hypophyse und Unterdrückung der LH-Sekretion führen. Durch die Applikation eines Deslorelin-Implantats am ersten bis dritten Tag p. p. wurde das Follikelwachstum gehemmt und es kam zu keiner Ovulation während der Behandlungsperiode. Der Uterusdurchmesser der Behandlungsgruppe stellte sich kleiner dar, als jene der Kontrollgruppe. Allerdings verlief das Rückbildungsmuster beider Gruppen gleich (SILVESTRE et al., 2009 a; SILVESTRE et al., 2009 b).

3 Material, Methoden und Tiere

3.1 Versuchsziel

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Therapiekontrollstudie in Praxisbetrieben. Ziel ist es zwei medikamentöse Verfahren zur Anregung der Ovarfunktion im Frühpuerperium zu vergleichen. Dazu werden drei verschiedene Medikamente alternativ am 10. Tag p. p. verabreicht und ihre Wirkung auf die Uterusinvolution getestet.

3.2 Tiere

Die zur Untersuchung herangezogenen Tiere gehören der Rasse Fleckvieh an. Die Untersuchung wurde an Kühen durchgeführt, welche vom Oktober 2015 bis März 2016 abkalbten. Tiere, welche zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung klinisch erkrankt waren, wurden von der Studie ausgeschlossen. Als klinisch krank wurden jene Tiere gesehen, welche bei der Untersuchung eine innere Körpertemperatur (IKT) über 39,5°C, eine klinische Mastitis, eine Lahmheit von über 3 aufwiesen (SPRECHER et al., 1997) oder festliegend waren.

3.3 Betriebe

Die Betriebe befinden sich alle im Bezirk Schärding in Oberösterreich. Die Auswahlkriterien der Betriebe:

- Haltung: Boxenlaufstall
- Fleckviehkühe
- Mischrationen

Die Landwirte nahmen alle freiwillig an der Studie teil.

3.4 Wirkstoffe

3.4.1 eCG

Das Präparat Folligon 1000 I. E. ® (Firma Intervet, Wien) enthält equines Choriongonadotropin. Das Präparat kann sowohl subkutan als auch intramuskulär angewendet werden und die Wartezeit für essbares Gewebe sowie für Milch beträgt 0 Tage.

Anwendungsgebiete laut Hersteller beim Rind sind:

- Einleitung der Superovulation
- Anöstrus
- Steigerung der Fertilitätsrate

Zur Behandlung von Anöstrie wird vom Hersteller eine einmalige intramuskuläre Applikation von 500 I. E. pro Tier empfohlen.

3.4.2 Gonadorelin

Das Präparat Gonavet Veyx® (Firma Veyx-Pharma GmbH, Schwarzenborn) enthält den synthetischen Wirkstoff Gonadorelin.

Das Präparat wird beim Rind intramuskulär verabreicht und die Wartezeit für essbares Gewebe sowie für Milch beträgt 0 Tage.

Anwendungsgebiete beim Rind sind laut Hersteller:

- Ovulationsinduktion bei Ovulationsverzögerung infolge LH bedingter Insuffizienz
- Stimulation der Ovarien im Puerperium
- Ovulationsinduktion/ -synchronisation im Rahmen von Programmen zur terminorientierten Besamung
- Ovarialzysten (infolge von LH- Mangel)

Zur Stimulation der Ovarien im Puerperium wird vom Hersteller eine Dosierung von 50 µg Gonadorelin pro Tier bei intramuskulärer Applikation empfohlen. Dies entspricht

bei einer Konzentration von 50 µg/ml Injektionslösung eine Dosis von 1 ml/Tier. Es wird einmalig angewendet.

3.4.3 Butafosfan und Cyanocobalamin

Das Präparat Catosal® (Firma Bayer Austria, Wien) enthält Butafosfan und Cyanocobalamin.

Anwendungsgebiete beim Rind sind laut Hersteller:

- Entwicklungs- und Ernährungsstörungen der Jungtiere infolge von Aufzuchtkrankheiten
- Metaphylaxe der Sterilität und puerperaler Erkrankungen und zur Unterstützung der Sterilitätsbehandlung
- Tetanien und Paresen zusätzlich zur Kalzium- und Magnesium Therapie
- Als Tonikum bei Überanstrengung und Erschöpfung

Das Präparat kann subkutan, intravenös oder intramuskulär verabreicht werden und die Wartezeit für essbares Gewebe sowie für Milch beträgt 0 Tage.

Zur Behandlung im Puerperium wird eine einmalige intramuskuläre Injektion von 2,5 ml Catosal® angewendet.

3.5 Versuchsaufbau

Die erste Untersuchung wurde am 10. Tag p. p. durchgeführt. Nach Aufnahme der Anamnese wurden die Tiere klinisch (siehe 3.6.1) untersucht. Uterus und Ovarien wurden zusätzlich ultrasonographisch untersucht und die Rückenfettdicke (siehe 3.6.1) bestimmt.

Die Tiere wurden per Los eine der Behandlungsgruppen zugeteilt und anschließend das jeweilige Medikament verabreicht. Die Gruppen teilten sich wie folgt auf:

- Gruppe A: 500 I. E. Folligon®
- Gruppe B: 1 ml Gonavet vexy®

- Gruppe C: 2,5 ml Catosal®

Am 25. und 42. Tag p. p. wurden die Tiere zum zweiten Mal klinisch und ultrasonographisch untersucht (Abbildung 1).

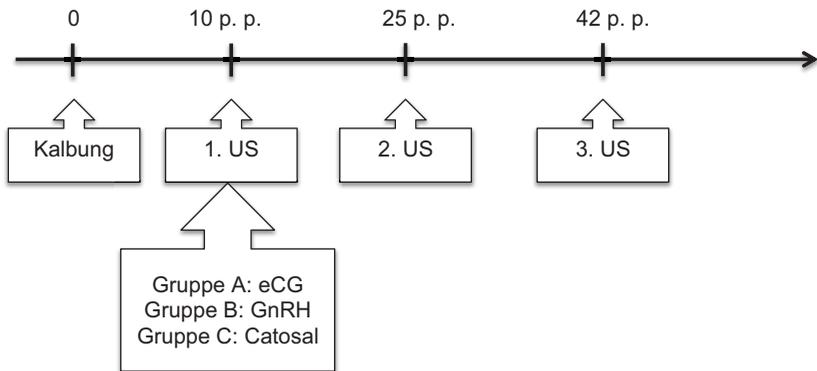


Abbildung 1: Zeitliche Verlauf der Untersuchungen

Nach Ablauf der freiwilligen Wartezeit wurden die Tiere nach beobachteter Brunst besamt und am 28. Tag nach Besamung die Trächtigkeit mittels Ultrasonographie festgestellt oder ausgeschlossen. Im Studienzeitraum wurden weitere Daten zur Fruchtbarkeit (3.7) und Milchleistung (3.8) erhoben.

Von allen Tieren wurden folgende Daten aufgenommen:

- Alter
- Laktationsnummer
- Art der letzten Geburt (Geburtshilfe notwendig, nicht notwendig)
- Verbleib bis zum 100. Tag p. p. im Betrieb (ja / nein)

- Rastzeit
- Gützeit
- Milchleistung in den ersten 100 Laktationsdaten

3.6 Methoden

3.6.1 Klinische Untersuchung

Für die klinische Untersuchung wurden die Tiere über den gesamten Zeitraum im Fressgitter fixiert.

Als physiologische Grenzwerte wurden die Parameter nach BAUMGARTNER et al. (2009) herangezogen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Klinische Parameter mit den physiologischen Grenzwerten

Klinischer Parameter	Physiologischer Bereich
Innere Körpertemperatur	38,3 – 38,8 °C
Lidbindehäute	blassrosa
Puls	60 - 80 / Min, kräftig, regelmäßig, gleichmäßig; die Arterie ist gut gefüllt und gut gespannt
Herz	60 - 80 / Min, kräftig, regelmäßig, Herztöne gut abgesetzt, keine Herzgeräusche
Atmung	10 - 30 / Min, kostoabdominal, abdominal betont
Lunge	bds. vesikuläres Atmungsgeräusch, tiefes Inspirium: rein
Auskultation des Pansen	5 / 5 Min, kräftig und auslaufend

Perkussion- und Schwingauskultation	bds. negativ
Euter	Euterviertel weich-elastisch, nicht schmerzhaft, Haut verschieblich

Die innere Körpertemperatur wurde mittels Rektalthermometer (Veterinär-Thermometer SC 12, Firma Scala Electronic GmbH) gemessen. Die Farbe der Schleimhäute wurde am Auge beurteilt. Zu diesem Zweck drückt der Untersucher mit dem Zeigefinger das obere Augenlid nach oben und drückt den Bulbus in die Tiefe. Gleichzeitig zieht man mit dem Daumen das Unterlid herab und beurteilt die Schleimhaut des vorfallenden Blinzknorpels.

Die Atemfrequenz wurde adspektorisch beurteilt. Dabei stand der Untersucher schräg rechts hinter dem Tier und zählt die Atemzüge durch die Bewegungen der Flanke und des Brustkorbes.

Die Auskultation der Lunge und des Herzens erfolgte mittels Phonendoskop nach Prof. Dr. Götze - an der linken, als auch an der rechten Brustwand.

Die Pansenaktivität wurde mittels Phonendoskop an der linken Hungergrube bestimmt. Die Kontraktionswellen des Pansens wurden im Zeitraum von 5 Minuten gezählt. Im Zuge der Auskultation des Abdomens wurde links, als auch rechts am Abdomen eine Schwing – und Perkussionsauskultation durchgeführt, um eine links- oder rechtseitige Labmagenverlagerung ausschließen zu können (BAUMGARTNER et al., 2009).

Zur Beurteilung der Pansenfüllung stand der Beobachter links hinter dem Tier und beurteilte die Einsenkung der Hungergrube zwischen der letzten Rippe, den Querfortsätzen und Darmbeinhöckern. Zur Beurteilung wurde das Scoring-System nach ZAAIJER & NOORDHUIZEN (2003) herangezogen. Als optimale Füllung wird ein Score von 3 angesehen. Der Bereich von 2,5 bis 3,5 ist noch als ausreichende Pansenfüllung zu sehen und weist auf eine gute Fresslust hin.

Tabelle 3: Pansenfüllungs-Score nach ZAAIJER & NOORDHUIZEN (2003)

Pansenfüllungs-Score	Erkennungsbild
1	Viereckige Hungergrube
2	Dreieckige Hungergrube
3	Hungergrube ist noch leicht eingefallen, aber weniger als eine handbreit
4	Hungergrube ist verstrichen
5	Pansen hervorgewölbt

Zur Beurteilung der Eutergesundheit wurde im Zuge der Untersuchung ein California Mastitis-Test aller vier Viertel durchgeführt (Tabelle 4). Im Zuge der klinischen Untersuchung wurde das Euter sowohl adspektorisch, als auch palpatorisch untersucht. Es wurden alle vier Viertel vergleichend untersucht, beginnend mit der Palpation des Strichkanals, der Zitzenzisterne und der Drüsenzisterne. Anschließend wurde das Drüsenparenchym und die Verschieblichkeit der Euterhaut überprüft. Ein gesundes Euterviertel weist einen negativen CMT-Testergebnis auf (BAUMGARTNER et al., 2009) (Tabelle 2).

Tabelle 4: Beurteilungsschlüssel zur indirekten Zellzahlbestimmung mithilfe des CMT

Beurteilung	Testbild	Zellgehalt / ml Milch
-	Flüssig	< 150.000
(+)	Ggr. Schlierenbildung	100.000 – 250.000
+	Hgr. Schlierenbildung	200.000 – 700.000
++	Gelbildung	500.000 – 1.500.000
+++	Gelbildung und Pfropf	> 1.000.000

Zur Bestimmung der Lahmheit wurde das Locomotion-Scoring-System für Rinder herangezogen (Tabelle 5). Eine Lahmheit geringer als Score 3 wurde nicht als Ausschlusskriterium beurteilt.

Tabelle 5: Lahmheitssoring-System für Rinder (SPRECHER et al., 1997)

Score	Stärke der Lahmheit	Symptomatik
1	Lahmheitsfrei	Der Rücken ist am stehenden Rind und im Schritt gerade
2	ggr. lahm	Am stehenden Rind ist der Rücken gerade, im Schritt gekrümmt
3	mgr. Lahm	Am stehenden Rind und im Schritt ist der Rücken gekrümmt; an einer oder mehreren Gliedmaßen ist eine Schrittverkürzung erkennbar
4	deutlich lahm	Am stehenden Rind und im Schritt ist der Rücken deutlich gekrümmt; an einer oder mehreren Gliedmaßen sind Entlastungsbewegungen zu erkennen
5	hgr. lahm	Am stehenden Rind und im Schritt ist der Rücken deutlich gekrümmt; eine Gliedmaße wird nicht mehr belastet, das Tier steht nur unter großen Schwierigkeiten oder gar nicht mehr auf (festlegend)

Die Körperkondition der Tiere wurde mittels Messung der Rückenfettdicke (RFD) bestimmt. Zur Bestimmung der RFD mittels Ultrasonographie wurde das subkutane Fett über der Glutealmuskulatur gemessen. Um einen besseren Kontakt zwischen Haut und

Sonde herzustellen, wurde diese zuerst mit 80 % Alkohol befeuchtet und anschließend der Sondenkopf aufgelegt. Der Messpunkt zur Bestimmung der RFD befindet sich senkrecht am Übergang vom 4. zum 5. Fünftel der Verbindungslinie zwischen Sitzbeinhöcker und Hüfthöcker. Die Strecke von der Hautoberfläche bis zur Fascia profunda wurde ultrasonographisch ausgemessen und in Zentimeter (cm) angegeben (STAUFENBIEL, 1997).

Im Anschluss an die klinische Untersuchung wurde eine Anamnese der Geburt und des Nachgeburtsverlaufes erhoben. Die Geburtshilfe wurde in drei Gruppen eingeteilt:

- keine Geburtshilfe
- leichte Geburtshilfe (leichter Zug durch den Landwirt)
- schwere Geburtshilfe (starker Zug mit Hilfe eines Geburtshelfer oder Geburtshilfe durch den Tierarzt)

Nachgeburtsverhaltung wurde als nicht Ausstoßen der Nachgeburt innerhalb der ersten 12 Stunden nach der Geburt angesehen.

3.6.2 Transrektale Untersuchung

3.6.2.1 Uterus

Zur transrektalen Untersuchung wurde mit der konisch geformten Hand, welche mit einem gleitfähig gemachten Handschuh geschützt war, in das Rektum eingegangen und der Uterus abgetastet. Palpatorisch wurde die Gebärmutter nach Größe, Symmetrie, Kontraktilität und Konsistenz untersucht (Tabelle 6).

Tabelle 6: Schlüssel zur Dokumentation gynäkologischer Befunde (BAUMGARTNER et al., 2009)

Parameter	Grad	Befund
Größe	1	Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner etwa fingerstark.
	2	Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner etwa zweifingerstark
	3	Gebärmutter unter der Hand zu versammeln, Hörner etwa drei- bis vierfinger-stark
	4	Gebärmutter mit der Hand abzugrenzen
	5	Gebärmutter fast mit der Hand abgrenzbar
	6	Gebärmutter nicht mit der Hand abzugrenzen
Symmetrie	S	beide Hörner gleich groß (symmetrisch)
	As	Uterushörner unterschiedlich groß (asymmetrisch)
Kontraktilität und Konsistenz	I	Gebärmutter schlaff, wenig kontraktil
	II	mäßige Kontraktionsbereitschaft
	III	starke Kontraktionsbereitschaft.

Zur ultrasonographischen Untersuchung wurde das Gerät Esaote Tringa Linear Vet (Esaote SpA) bei einer Frequenz von 7,5 MHz verwendet.

Die Sonde wurde dabei nach vorheriger transrektaler Palpation in das Rektum eingeführt und dorsal auf den Uterus aufgelegt. Zur Bestimmung der Uterusinvolution wurde der Uterusdurchmesser an drei verschiedenen Stellen gemessen: an der Zervix, am Corpus unmittelbar cranial der Zervix und an beiden Uterushörnern cranial der Bifurcatio uteri. Lag der Uterusdurchmesser außerhalb des Messbereiches des Ultraschallgerätes wurde der Wert in dem nachfolgenden Ergebnisteil mit dem Wert n.

m. (nicht messbar) versehen. Zur Erstellung der Uterusinvolution wurde dem Messergebnis der Wert 10,00 cm zugeordnet.

Zur Bestimmung der Uterusinvolution bis zum 42. Tag p. p. wurden nicht die absoluten Messwerte verwendet, sondern die Differenz der Messwerte in Prozent (%) umgewandelt, um die Ausgangsgröße der Gebärmutter besser berücksichtigen zu können. Hierzu wurde nachfolgende Formel verwendet:

$$\text{Involution 25 Tag p. p. [in \%]} = \frac{\text{\textcircled{O}} \text{ Tag 25 p. p. [in cm]} - \text{\textcircled{O}} \text{ Tag 10 p. p. [in cm]}}{\text{\textcircled{O}} \text{ Tag 10 p. p. [in cm]}} * 100$$

Im Zuge der Bestimmung des Uterusdurchmessers wurde etwaiger Inhalt des Uterus am Corpus uteri gemessen und in vier Grade eingeteilt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Einteilung des Inhaltes am Corpus Uteri

Grad	Füllung
0	Keine
1	< 1 cm
2	1 – 4 cm
3	> 4 cm

3.6.2.2 Ovar

Zur Bestimmung der Funktionskörper der Ovarien wurden die Eierstöcke mittels transrektaler Sonographie untersucht. Dabei wurde die Sonde auf die Ovarien aufgelegt, das gesamte Ovar durchgescannt und die verschiedenen Funktionskörper dokumentiert. Aufgrund der ellipsoiden Form des Ovars wurde zur Größenbestimmung der maximale Längsdurchmesser des Ovars verwendet. Des Weitern wurden diese Funktionskörper untersucht und definiert wie folgt:

Ein Follikel ist eine flüssigkeitsgefüllte Blase, die von einer Schicht Granulosa- und Thekazellen umgeben wird. Er stellt sich sonographisch als anechogene sphärische Struktur dar, welche von einer feinen Schicht echogenem Gewebe umgeben wird. Es wurde immer nur der größte Follikel vermessen und dokumentiert. Follikel mit einem Durchmesser $< 0,5$ cm wurden nicht vermessen (Abbildung 2B). Zur statistischen Auswertung wurden die gemessenen Follikeldurchmesser in drei Gruppen eingeteilt, die die physiologische Funktion des Follikels berücksichtigen:

- ≤ 1 cm
- > 1 cm - $< 2,5$ cm
- $\geq 2,5$ cm

Ein Follikel mit einem Durchmesser von 1 cm bis 2,5 cm wurde als dominanten Follikel angesprochen (Abbildung 2A). Eine Ovarialzyste wurde als anechogene sphärische Struktur mit einem Durchmesser $> 2,5$ cm definiert (Abbildung 2C).

Ein Gelbkörper stellt sich im Ultraschall als hypoechogene graukörnige ovale Struktur dar, welche sich deutlich von dem echogenen Ovargewebe abhebt (Abbildung 2D). Normalerweise stellt sich der Gelbkörper als solides Gewebe dar. Jedoch können Gelbkörper mit einem anechogenen Hohlraum dargestellt werden, der aber im Gegensatz zu einem Follikel von einem mehreren Millimeter dicken, echogenen Rand umgeben ist (KÄHN, 1997; SHELDON et al., 2000; FRICKE, 2002). Für die statistische Auswertung des Durchmessers wurde bei mehreren Gelbkörpern jener des Größten berücksichtigt.

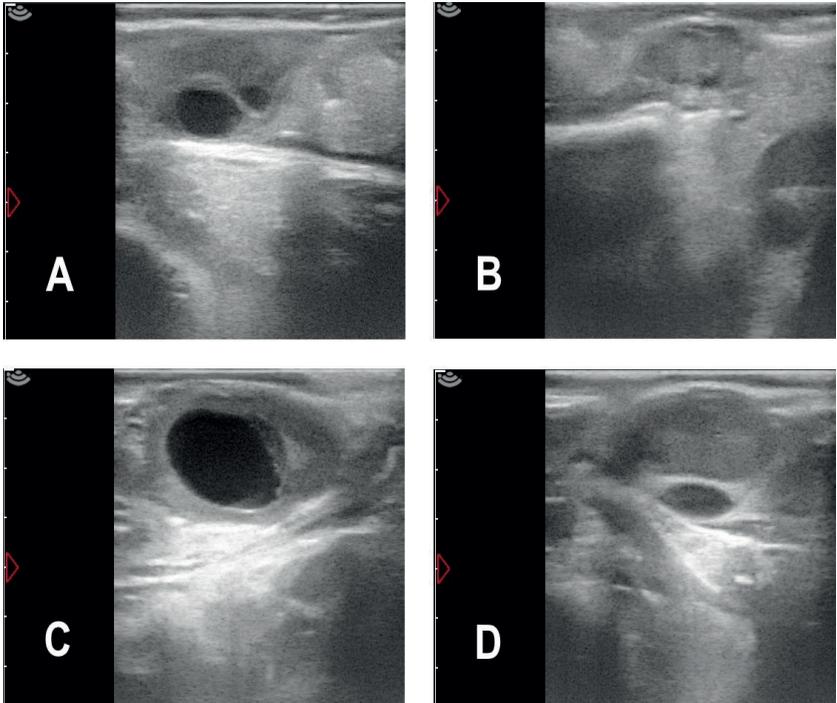


Abbildung 2: Darstellung des Ovars: Dominanter Follikel (A), Ovar mit Follikel in Anbildung (B), Gelbkörperzyste (C), Blütegelbkörper (D)

3.6.3 Vaginale Untersuchung

Zur Bestimmung eines vaginalen Ausflusses wurde die Vulva mit Wasser und Seife gereinigt. Die konisch geformte Hand, geschützt durch einen gleitfähig gemachten Handschuh, wurde vaginal eingeführt und der eventuell vorhandene Ausfluss auf Farbe und Beimengungen begutachtet.

Anhand der Beschaffenheit des vaginalen Ausflusses teilten SHELDON et al. (2006) die klinische Metritis in drei Grade ein (Tabelle 8).

Tabelle 8: Einteilung der Metritiden nach SHELDON et al. (2006)

Grad	Definition
0	Klarer oder durchsichtiger Schleim
I	Schleim mit weißen oder weiß-gelblichen Eiterflocken
II	Ausfluss mit ≤ 50 % weißem oder weiß-gelblichen mukopurulenten Material
III	Ausfluss mit ≥ 50 % eitrigem Material, weiß oder gelb, fallweise blutig

3.7 Fruchtbarkeitskennzahlen

Um die Tiere zu vergleichen, wurde von allen Tieren das Datum der Abkalbung, Datum der ersten Besamung, Datum der Besamung, welche zur Konzeption führte und die Anzahl der Besamungen erfasst. Aus diesen Aufzeichnungen wurden die restlichen Fruchtbarkeitskennzahlen errechnet (Tabelle 9)

Tabelle 9: Fruchtbarkeitskennzahlen nach HOEDEMAKER et al. (2014)

Kennzahl	Definition	Zielgröße
Rastzeit (Tage)	Intervall Kalbung – 1. Belegung	< 85-90 Tage
Güstzeit (Tage)	Intervall Kalbung – 1. Trächtigkeitstag	< 115 Tage

Zur Beurteilung des Gesundheitszustandes des Genitales der Kühe wurden Parameter definiert, die eine Kuh erfüllen musste, damit von einem gesunden Genital und damit einhergehen einem physiologischen Puerperium gesprochen werden konnte (Tabelle 10). Um von einem gesunden Genital zu sprechen, mussten alle Mindestanforderungen erfüllt werden.

Ovarialzysten wurden am 25. Tag p. p. mechanisch gesprengt. Ovarialzysten am 42. Tag p. p. wurden ebenfalls mechanisch gesprengt und zusätzlich mit 100 µg Gonadorelin (Gonavet Veyx[®]) behandelt. Kühe mit einem Inhalt des Corpus uteri wurden am 42. Tag p. p. mit 150 µg Cloprostenol (Genestran[®]) behandelt.

Tabelle 10: Parameter, die ein gesundes Genital der Fleckviehkühe beschreiben.

Merkmal	25. Tag p. p.	42. Tag p. p.
Inhalt des Corpus uteri	≤ Grad 1	Grad 0
Vaginaler Ausfluss	≤ Grad I	Grad 0
Follikeldurchmesser	< 2,5 cm	< 2,5 cm

3.8 Milchleistung

Als Parameter wurde die Milchmenge der ersten 100 Laktationstage verwendet. Zur Erhebung der Milchleistungsdaten wurden die Daten vom LKV herangezogen. Um die Leistung bis zum 100. Laktationstag zu bestimmen wurde der Mittelwert aus den ersten drei Milchmessungen mit 100 multipliziert.

3.9 Statistische Auswertung

Alle erhobenen Parameter wurden am Betrieb händisch dokumentiert und im Anschluss am Computer in Excel-Tabellen übertragen. Die vorhandenen Daten wurden in

Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Biomathematik und der Datenverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen analysiert. Zur statistischen Auswertung wurden die Statistikprogrammpakete BMDP, Release: 8.1 (DIXON, 1993) und R verwendet. Die graphischen Abbildungen und Tabellen wurden mit dem Programm Microsoft Excel® (Microsoft Office Professional Plus 2010) erstellt. Die Zielvariablen Rast- und Gützeit wurden Mittelwert-vergleiche in Form von zweifaktoriellen Varianzanalysen logarithmisch transformiert, da sie eine rechtsschiefe statistische Verteilungsform besaßen. Durch die logarithmische Transformation der Daten konnte diese Unsymmetrie aufgehoben werden, und die Daten waren näherungsweise normal verteilt. Als Konsequenz der logarithmischen Transformation erfolgte die Datenbeschreibung unter Angabe der geometrischen Mittelwerte und der Streufaktoren. Für die Zielvariable wurde eine multiple Poisson-Regression durchgeführt, da es sich um Zählergebnisse im unteren einstelligen Bereich handelte. Im Mittelpunkt der statistischen Analysen stand der Vergleich des Einflusses einer eCG-Applikation im Puerperium. Dieser Vergleich wurde zum einen nur unter Rücksichtnahme auf die Behandlung ohne Beachtung weiterer Störfaktoren varianzanalytisch durchgeführt. Zum anderen erfolgte im zweiten Schritt zur weiteren Absicherung der Ergebnisse eine Analyse unter Beachtung potentieller Störvariablen (zum Beispiel der fixen Faktoren Laktation, Milchleistung, Rückenfettdicke und Geburtshilfe) sowie der Kombination der zufälligen Faktoren „Betrieb“ und „Einzeltier innerhalb des Betriebes“. Im zuletzt genannten Fall wurde in Anlehnung an das Versuchsdesign ein partiell hierarchisches statistisches Modell zugrunde gelegt. Zur Bewertung der statistischen Signifikanz wurde das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ gewählt, was bedeutet, dass Ergebnisse mit einem Wert von $p \leq 0,05$ als statistisch signifikant angesehen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Angewandte statistische Methoden

Fragestellung	Statistische Methode
Einfluss der Behandlung und Laktation auf den Durchmesser von Zervix, Corpus uteri und Horn am 10., 25., 42. Tag p. p.	Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss der Behandlung auf die prozentuale Involution von Zervix, Corpus und Horn bis zum 42. Tag p. p.	Partiell hierarchisches linear mixed effects model mit Wald-Test
Einfluss von Laktation, Milchleistung, Rückenfettdicke und Geburtshilfe auf die prozentuale Involution von Zervix, Corpus und Horn bis zum 42. Tag p. p.	Partiell hierarchisches linear mixed effects model mit Wald-Test
Einfluss des puerperalen Verlaufes auf den Durchmesser von Zervix, Corpus uteri und Horn am 42. Tag p. p.	Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf den Follikeldurchmesser am 10., 25., 42. Tag p. p.	Pearson Chi-Quadrat-Test
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf die Anzahl und den Durchmesser des Gelbkörpers	Pearson Chi-Quadrat-Test Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss der Laktation oder Behandlung auf die Füllung des Gebärmutterkörpers	Exakter Fisher-Test
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf den vaginalen Ausfluss	Pearson Chi-Quadrat-Test
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf die Anzahl der Besamungen	Multiple Poisson-Regression

Einfluss der Behandlung oder Laktation auf die Gützeit und Rastzeit	Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss des puerperalen Verlaufes auf die Rastzeit und Gützeit	Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf den Verlauf der Rückenfettdicke	Ein- und Zweifaktorielle Varianzanalyse
Einfluss der Rückenfettdicke auf die Gebärmutterinvolution	Partiell hierarchisches linear mixed effects model
Einfluss der Behandlung oder Laktation auf die puerperalen Störungen und den Gesundheitsstatus des Genitals	Pearson Chi-Quadrat-Test
Einfluss der Behandlung auf den Verbleib der Tiere im Betrieb	Pearson Chi-Quadrat-Test

4 Ergebnisse

4.1 Allgemein

Im Untersuchungszeitraum von Oktober 2015 bis Mai 2016 wurden 203 Kühe der Rasse Fleckvieh in die Studie aufgenommen. Alle Tiere waren am 10. Tag p. p. klinisch gesund. Die Tiere stammten aus neun Zuchtbetrieben (Tabelle 12).

Tabelle 12: Zahlenmäßige Verteilung der Tiere nach Betrieben

Betrieb	n
1	15
2	10
3	27
4	44
5	29
6	25
7	28
8	10
9	15
Gesamt	203

Von den anfänglichen Kühen gingen 3,9 % (n = 8) der Tiere bis zum 42. Tag p. p. ab und 91,6 % (n = 186) der Tiere vollendeten die ersten 100 Laktationstage (Tabelle 13). Von den abgegangenen Tieren waren zehn Färsen und sieben Kühe. Die Behandlung hatte keinen Einfluss auf den Verbleib ($p = 0,64$). Hingegen gab es zwischen den Kühen und Färsen einen statistischen Unterschied ($p = 0,003$).

Tabelle 13: Aufteilung der Tiere nach Behandlungsgruppen

Behandlungsgruppe	n	Anzahl am Tag 42 p. p.	Anzahl am 100 Laktationstag
eCG	67	65	61
GnRH	68	63	61
Catosal	68	67	64
Gesamt	203	195	186

28,1 % (n = 57) der Tiere waren Kalbinnen. Die restlichen 71,9 % (n = 146) der Tiere befanden sich mindestens in der zweiten Laktation. Über die Hälfte (60,1 %) der Kühe befanden sich in der zweiten bis fünften Laktation, die übrigen 11,8 % (n = 24) der Tiere in der sechsten bis neunten Laktation. Im Schnitt waren die Tiere zum Abkalbetermin $4,5 \pm 2,0$ Jahre alt.

Der Geburtsverlauf erforderte bei 78,8 % (n = 160) der Kühe kein Eingreifen des Landwirtes. Bei 13,3 % (n = 27) der Geburten musste der Landwirt eingreifen und bei 7,9 % (n = 16) der Geburten wurde ein Geburtshelfer oder der Tierarzt zu Hilfe gezogen. Nach der Geburt ging bei 93,1 % (n = 189) der Tiere die Nachgeburt innerhalb der ersten 12 Stunden ab, bei 6,9 % (n = 14) der Tiere kam es zu einer Nachgeburtshaltung.

4.2 Befunde am 10. Tag p. p.

Bei der ersten sonographischen Untersuchung konnte von allen Tieren der Durchmesser der Zervix und außer bei einer Kuh der Durchmesser des Gebärmutterkörpers gemessen werden. Aufgrund der Größe der Gebärmutter lag bei dieser Kuh der Durchmesser des Uteruskörpers außerhalb des Messbereiches des Ultraschallgerätes. Im Durchschnitt war sowohl der Zervixdurchmesser ($4,30 \pm 0,58$ cm) ($p = 0,008$) (Tabelle 14), als auch der Uteruskörper ($4,34 \pm 0,61$ cm) ($p = 0,008$) (Tabelle

15) bei den Färsen kleiner als bei den Kühen (Zervixdurchmesser: $4,53 \pm 0,55$ cm; Uteruskörper: $4,66 \pm 0,82$ cm). Bei dem durchschnittlichen Durchmesser gab es zwischen den Behandlungsgruppen zum Zeitpunkt der ersten Messung keinen statistisch signifikanten Unterschied der Zervix ($p = 0,66$) und des Uteruskörpers ($p = 0,24$).

Tabelle 14: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	203	4,47	0,57	2,82	5,90
Färsen	57	4,30	0,58	2,82	5,79
Kühe	146	4,53	0,55	3,24	5,90
eCG	67	4,43	0,58	3,45	5,90
GnRH	68	4,46	0,54	2,82	5,67
Catosal	68	4,52	0,60	3,24	5,85

Tabelle 15: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	203	4,57	0,78	3,10	n. m.
Färsen	57	4,34	0,61	3,31	6,23
Kühe	146	4,66	0,82	3,10	n. m.
eCG	67	4,47	0,63	3,31	6,06
GnRH	68	4,69	0,95	3,31	n. m.
Catosal	68	4,56	0,71	3,10	6,51

Bei 93 % (n = 53) der Färsen und 85,6 % (n = 125) der Kühe wies der Gebärmutterkörper eine Füllung von Grad 1 oder 2 auf. Nur 3,5 % (n = 2) der Färsen und 6,2 % (n = 9) der Kühe hatten keine Füllung. Die restlichen 3,5 % (n = 2) der Färsen und 8,2 % (n = 12) der Kühe hatten eine Füllung Grad 3 (Abbildung 3).

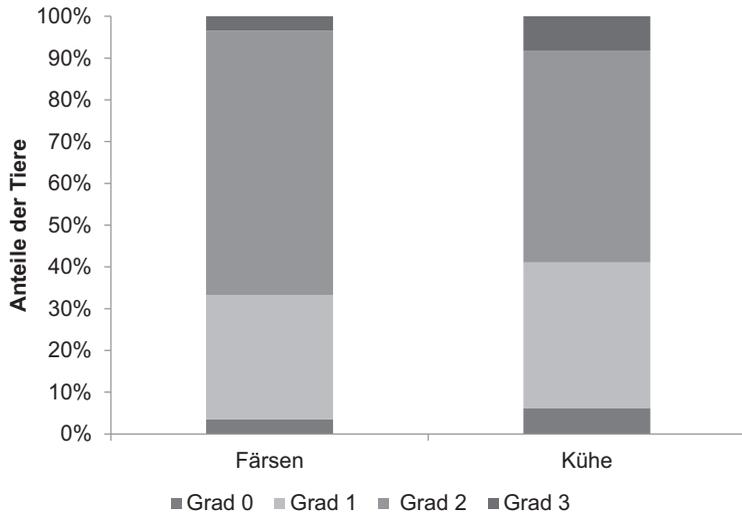


Abbildung 3: Grad der Uterusfüllung am 10. Tag p. p. bei Fleckviehkühen (Färsen = 57; Kühe = 146)

Aufgrund der Ausdehnung des Uterus am 10. Tag p. p. nach cranial konnte bei 33 Tieren der Durchmesser des linken Uterushorn (Tabelle 16), bei 35 Tieren der Durchmesser des rechten Horns (Tabelle 17) nicht gemessen werden. Bei jeweils sechs Tieren lag das linke oder das rechte Horn außerhalb des Messbereiches des Ultraschallgerätes und wurden mit dem Wert 10,00 versehen. Im Durchschnitt ist das

rechte Horn mit $4,16 \pm 1,45$ cm größer als das Linke mit $3,91 \pm 1,42$ cm. Der Durchmesser des linken Horn unterscheidet sich zwischen Färsen und Kühen kaum, wohingegen das rechte Horn der Färsen im Schnitt größer ist als jenes der Kühe. Zwischen den Behandlungsgruppen gab es sowohl im Durchmesser des linken ($p = 0,96$), als auch des rechten Horn ($p = 0,79$) keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 16: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	170	3,91	1,42	1,73	n. m.
Färsen	51	3,90	1,47	2,28	n. m.
Kühe	119	3,91	1,41	1,73	n. m.
eCG	55	3,97	1,66	1,97	n. m.
GnRH	57	3,87	1,20	2,28	n. m.
Catosal	58	3,88	1,40	1,73	n. m.

Tabelle 17: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	168	4,16	1,45	1,94	n. m.
Färsen	51	4,21	1,31	2,20	n. m.
Kühe	117	4,14	1,51	1,94	n. m.
eCG	54	4,20	1,53	2,20	n. m.
GnRH	57	4,05	1,21	2,29	n. m.
Catosal	57	4,24	1,59	19,4	n. m.

Von den untersuchten Tieren wiesen 48,3 % (n = 98) einen vaginalen Ausfluss Grad III auf. 9,4 % (n = 19) der Tiere hatten einen klaren Ausfluss, die restlichen 42,3 % (n = 86) der Tiere hatten einen Ausfluss Grad I oder II (Tabelle 18). Bei den Färsen zeigten 52,6 % (n = 30) der Tiere einen Ausfluss Grad III, 8,8 % (n = 5) Grad 0 und 38,6 % (n = 22) Grad I oder II. Bei den Kühen zeigten 46,6 % (n = 68) einen Ausfluss Grad III, 43,9 % (n = 64) Grad I oder II und 9,6 % (n = 14) einen klaren Ausfluss (p = 0,89). Zwischen den Behandlungsgruppen gab es keinen signifikanten Unterschied des vaginalen Ausflusses (p = 0,66).

Tabelle 18: Grad des vaginalen Ausfluss bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p.

Gruppen	n	Grad			
		0	I	II	III
Tiere gesamt	203	19	31	55	98
Färsen	57	5	8	14	30
Kühe	146	14	23	41	68
eCG	67	4	9	22	32
GnRH	68	6	12	15	35
Catosal	68	9	10	18	31

Beide Ovarien konnten bei 191 Kühen vollständig ultrasonographisch untersucht werden. Das linke Ovar war durchschnittlich $2,34 \pm 0,38$ cm groß, das rechte Ovar $2,43 \pm 0,45$ cm. Nach der Einteilung der Follikel in Gruppen waren bei 21,2 % (n = 11) der Färsen und bei 19,4 % (n = 27) der Kühe die Follikel kleiner als 1 cm. Bei 78,8 % (n = 41) der Färsen und 80,6 % (n = 112) war der Follikel zwischen 1 – 2,49 cm groß (p = 0,79). Kein Follikel hatte einen Durchmesser über 2,5 cm. Zwischen den Behandlungsgruppen gab es keinen signifikanten Unterschied (p = 0,58).

Bei der ersten Untersuchung hatten 92,1 % (n = 176) der Kühe keinen Gelbkörper. Die restlichen 7,9 % (n = 15) wiesen einen Gelbkörper auf.

4.3 Befunde am 25. Tag p. p.

Bei der zweiten sonographischen Untersuchung konnte von 200 Tieren der gesamte Uterus vermessen werden.

Im Durchschnitt war der Zervixdurchmesser bei den Färsen ($2,67 \pm 0,44$ cm) kleiner als bei den Kühen ($3,10 \pm 0,53$ cm) ($p < 0,0001$). Der Zervixdurchmesser der Catosalgruppe war mit $2,94 \pm 0,49$ cm im Mittelwert kleiner als jener der beiden Behandlungsgruppen (Tabelle 19). Die eCG-Gruppe unterschied sich mit $2,99 \pm 0,60$ cm nur ggr. von der GnRH-Gruppe ($p = 0,65$).

Tabelle 19: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	2,98	0,54	1,92	4,61
Färsen	56	2,67	0,44	1,92	3,73
Kühe	144	3,10	0,53	2,08	4,61
eCG	66	2,99	0,60	1,92	4,61
GnRH	67	3,00	0,51	1,97	4,23
Catosal	67	2,94	0,49	1,94	4,12

Der Uteruskörper der Färsen war mit einem durchschnittlichen Durchmesser von $2,46 \pm 0,52$ cm kleiner als jener der Kühe ($2,79 \pm 0,65$ cm) ($p = 0,0007$). Die Tiere der eCG-Gruppe hatten mit $2,66 \pm 0,66$ cm im Mittel einen kleineren Durchmesser des Uteruskörpers, als jene aus der GnRH – und Catosalgruppe ($p = 0,86$) (Tabelle 20).

Tabelle 20: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	2,70	0,63	1,78	5,00
Färsen	56	2,46	0,52	1,80	4,05
Kühe	144	2,79	0,65	1,78	5,00
eCG	66	2,66	0,66	1,78	5,00
GnRH	67	2,71	0,60	1,81	4,51
Catosal	67	2,72	0,63	1,80	4,44

Bei 73,2 % (n = 41) der Färsen und 66 % (n = 95) der Kühe konnten am 25. Tag p. p. keine Füllung des Gebärmutterkörpers gemessen werden (Abbildung 4). 25 % (n = 14) der Färsen wiesen eine Füllung Grad 1 auf, 1,8 % (n = 1) Grad 2 und keine der Färsen Grad 3. Bei den Kühen hatten 30,6 % (n = 44) eine Füllung Grad 1, 2,8 % (n = 4) Grad 2 und 0,7 % (n = 1) Grad 3 (p = 0,73). Zwischen den Behandlungsgruppen gab es keinen statistischen Unterschied (p = 0,44).

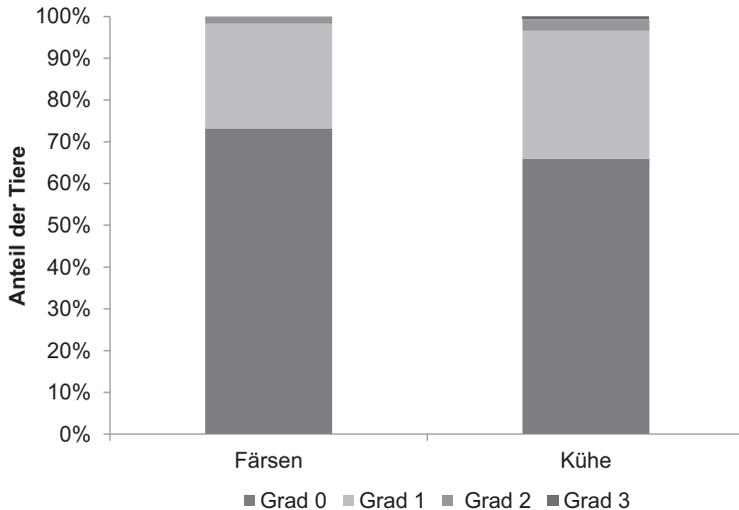


Abbildung 4: Verteilung der Uterusfüllung am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen (Färsen = 56; Kühe = 144)

Bei einer Kuh lagen beide Uterushörner außerhalb des Messbereiches des Ultraschallgerätes und wurden in der Tabelle mit dem Wert n. m. versehen.

Sowohl das linke Horn ($p = 0,02$) (Tabelle 21) als auch das rechte Horn ($p = 0,02$) (Tabelle 22) war bei den Färsen kleiner als bei den Kühen. Der Durchmesser der beiden Hörner der Catosalgruppe war mit $2,13 \pm 0,39$ ($p = 0,43$) cm bzw. $2,18 \pm 0,41$ ($p = 0,37$) cm kleiner als jener der anderen beiden Behandlungsgruppen.

Tabelle 21: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	2,20	0,72	1,34	n. m.
Färsen	56	2,03	0,45	1,34	3,68
Kühe	144	2,26	0,79	1,37	n. m.
eCG	66	2,25	0,61	1,44	4,93
GnRH	67	2,21	1,01	1,42	n. m.
Catosal	67	2,13	0,39	1,34	3,49

Tabelle 22: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	2,24	0,70	1,27	n. m.
Färsen	56	2,07	0,51	1,27	3,64
Kühe	144	2,30	0,76	1,29	n. m.
eCG	66	2,24	0,49	1,27	3,59
GnRH	67	2,30	1,04	1,35	n. m.
Catosal	67	2,18	0,41	1,37	3,49

Bei der zweiten Untersuchung zeigten 64,3 % (n = 36) der Färsen und 59 % (n = 85) der Kühe einen klaren Ausfluss und nur 1,8 % (n = 1) der Färsen und 4,2 % (n = 6) der Kühe einen vaginalen Ausfluss Grad III auf (Tabelle 23). Die restlichen 33,9 % (n = 19) der Färsen und 36,8 % (n = 53) der Kühen wiesen einen vaginalen Ausfluss Grad I oder II auf (p = 0,53). Beim vaginalen Ausfluss gab es zwischen den Behandlungsgruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied (p = 0,08).

Tabelle 23: Vaginaler Ausfluss bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p.

Gruppen	n	Grad			
		0	I	II	III
Tiere gesamt	200	121	58	14	7
Färsen	56	36	17	2	1
Kühe	144	85	41	12	6
eCG	66	40	22	1	3
GnRH	67	40	19	4	4
Catosal	67	41	17	9	0

Am 25. Tag p. p. zeigten die Ovarien eine Zunahme der Größe im Vergleich zum ersten Untersuchungstag. So war das linke Ovar im Durchschnitt $2,78 \pm 0,75$ cm und das Rechte $2,92 \pm 0,71$ cm groß. Auch der Follikeldurchmesser der Färsen hatte auf $1,62 \pm 0,86$ cm zugenommen, jener der Kühe auf $1,90 \pm 1,07$ cm.

25,7 % (n = 37) der Kühe hatten einen Follikeldurchmesser über 2,5 cm, hingegen hatten mit 16,1 % (n = 9) weniger Färsen einen Follikeldurchmesser über 2,5 cm ($p = 0,21$). Im Gruppenvergleich hatten mit 36,4 % (n = 24) deutlich mehr Tiere in der eCG-Gruppe eine Ovarialzyste, als in der GnRH- (14,9 %) und Catosal-Gruppe (17,9 %) (Abbildung 5). Die Anzahl der Tiere mit einem Follikel kleiner als 1 cm war zwischen den drei Behandlungsgruppen annähernd gleich groß. Bei der Einteilung der Follikel in die physiologischen Gruppen ergab sich zwischen den Behandlungsgruppen ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,04$).

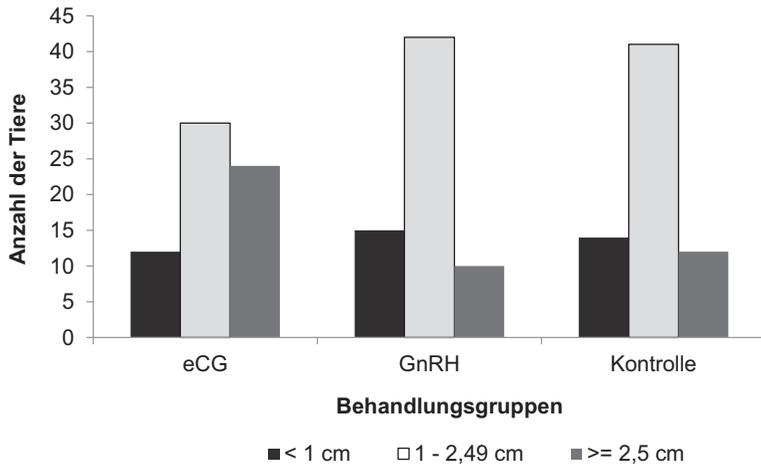


Abbildung 5: Größe der Follikel bei Fleckviehkühen (n = 200) nach Behandlungsgruppen am 25. Tag p. p.

Der durchschnittliche Durchmesser des Gelbkörpers lag bei $2,12 \pm 0,60$ cm. Der Gelbkörper der Färsen war mit $1,98 \pm 0,59$ cm im Mittel kleiner als jener der Kühe mit $2,17 \pm 0,60$ cm ($p = 0,14$). Der durchschnittliche Durchmesser der Gelbkörper der eCG - Gruppe war mit $2,16 \pm 0,64$ cm größer als jene aus der GnRH - Gruppe mit $2,08 \pm 0,63$ cm und der Catosalgruppe mit $2,12 \pm 0,55$ cm ($p = 0,35$).

Die Mehrzahl der Tiere (70 %) besaß mindestens einen Gelbkörper. Mit 78,6 % (n = 110) bildete der größte Teil der Tiere einen Gelbkörper aus. Rund 13,0 % (n = 26) bildeten zwei Gelbkörper aus. Keine der Färsen hatte drei Gelbkörper, wohingegen 2,8 % (n = 4) der Kühe drei aufwiesen (Tabelle 24). Von den vier Tieren mit drei Gelbkörpern wurden drei mit eCG und eine mit GnRH behandelt. In der Anzahl der Gelbkörper gab es sowohl zwischen Kühen und Färsen ($p = 0,55$), als auch zwischen den Behandlungsgruppen ($p = 0,09$) keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 24: Anzahl der Gelbkörper am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen

Gruppen	n	Anzahl der Gelbkörper			
		0	1	2	3
Tiere gesamt	200	60	110	26	4
Färsen	56	17	33	6	0
Kühe	144	43	77	20	4
eCG	66	27	31	5	3
GnRH	67	16	39	11	1
Catosal	67	17	40	10	0

4.4 Befunde am 42. Tag p. p.

Bei der letzten sonographischen Untersuchung konnte von 195 Tieren alle Parameter der Gebärmutter erhoben werden.

Der Zervixdurchmesser (Tabelle 25) und Uteruskörper (Tabelle 26) haben sich weiter reduziert. Die Färsen hatten mit $2,30 \pm 0,40$ cm einen deutlich kleineren Zervixdurchmesser als die Kühe mit $2,70 \pm 0,45$ cm ($p < 0,0001$). Bei Tieren der eCG-Gruppe war die Zervix mit $2,52 \pm 0,46$ cm im Durchschnitt am kleinsten, jedoch war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant ($p = 0,46$).

Der Durchmesser des Uteruskörpers war bei den Färsen ($2,07 \pm 0,34$ cm) kleiner als jener der Kühe ($2,25 \pm 0,38$ cm) ($p < 0,0001$). Der Uteruskörper der GnRH-Gruppe war mit $2,25 \pm 0,38$ cm im Durchschnitt geringgradig kleiner, als jener der eCG-Gruppe ($2,26 \pm 0,38$) und jener der Catosalgruppe ($2,35 \pm 0,42$ cm) ($p = 0,38$).

Tabelle 25: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	2,59	0,47	1,49	4,05
Färsen	53	2,30	0,40	1,49	3,66
Kühe	142	2,70	0,45	1,83	4,05
eCG	65	2,52	0,46	1,49	4,05
GnRH	63	2,60	0,50	1,58	3,77
Catosal	67	2,66	0,45	1,87	3,63

Tabelle 26: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	2,29	0,40	1,48	4,15
Färsen	53	2,07	0,34	1,48	3,20
Kühe	142	2,37	0,39	1,58	4,15
eCG	65	2,26	0,38	1,58	3,66
GnRH	63	2,25	0,38	1,48	3,20
Catosal	67	2,35	0,42	1,55	4,15

Bei der letzten Untersuchung wiesen 90,8 % (n = 177) der Tiere keine Füllung des Gebärmutterkörpers auf. 89,4 % (n = 127) der Kühe zeigten keine Flüssigkeitsansammlung im Gebärmutterkörper. Die restlichen 10,6 % (n = 15) der Tiere wiesen eine Füllung Grad 1 auf. Bei den Färsen hatten lediglich 5,7 % (n = 3) eine Füllung Grad 1, die übrigen 94,3 % (n = 50) zeigten keine Füllung im Uteruskörper (Abbildung 6). Zwischen den Behandlungsgruppen gab es keinen Unterschied in der Füllung des Gebärmutterkörpers (p = 0,54).

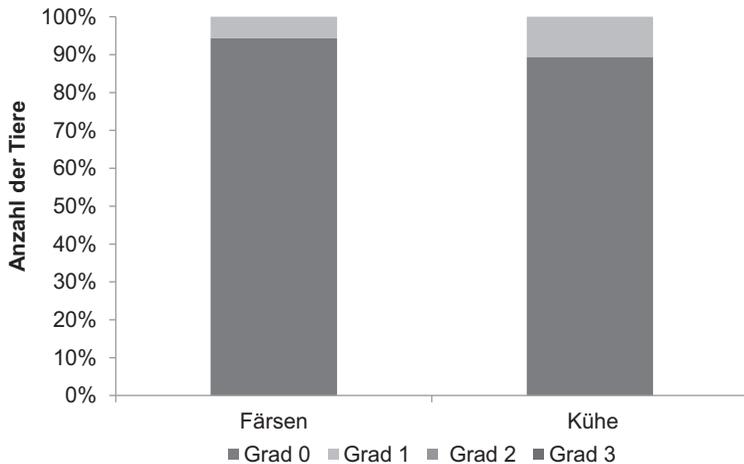


Abbildung 6: Füllung des Corpus uteri von Fleckviehkühen (Färsen = 53; Kühe = 142) am 42. Tag p. p.

Der Durchmesser des linken Horns war mit $1,77 \pm 0,23$ cm bei den Färsen kleiner als bei den Kühen (Tabelle 27) ($p < 0,0001$). Der Durchmesser der Catosalgruppe war mit $1,96 \pm 0,29$ cm am größten. Jene der eCG- und GnRH-Gruppe unterschieden sich nur gering ($p = 0,47$).

Tabelle 27: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	1,92	0,29	1,23	2,75
Färsen	53	1,77	0,23	1,27	2,29
Kühe	142	1,97	0,29	1,23	2,75
eCG	65	1,92	0,27	1,23	2,54
GnRH	63	1,89	0,30	1,26	2,73
Catosal	67	1,96	0,29	1,27	2,75

Der Durchmesser des rechten Horns (Tabelle 28) war mit $1,95 \pm 0,31$ cm größer als das Linke. Das rechte Horn der Färsen war im Durchschnitt mit $1,77 \pm 0,26$ cm kleiner als jenes der Kühe ($p < 0,0001$). Für das rechte Horn zeigte sich zwischen den Behandlungsgruppen dasselbe Bild wie beim Linken. Das Horn der Catosalgruppe war im Durchschnitt am größten, die GnRH-Gruppe unterschied sich nur geringgradig von der eCG-Gruppe ($p = 0,39$).

Tabelle 28: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	1,95	0,31	1,21	2,99
Färsen	53	1,77	0,26	1,21	2,46
Kühe	142	2,02	0,30	1,37	2,99
eCG	65	1,94	0,28	1,37	2,71
GnRH	63	1,91	0,32	1,21	2,99
Catosal	67	2,00	0,33	1,30	2,85

Am 42. Tag p. p. hatten 89,5 % (n = 127) der Kühe keine Eiterflocken im Vaginalsekret (Grad 0). 6,3 % (n = 9) hatten ggr. eitrig-Beimengungen (Grad I) und jeweils 2,1 % (n = 3) der Kühe hatten einen Ausfluss Grad II oder III (Tabelle 29). Bis auf eine Färse hatten die Tiere einen klaren Ausfluss (1,9 %) mit Grad I (p = 0,25). Nur ein Tier (1,5 %) der eCG-Gruppe hatte am 42. Tag p. p. einen eitrig-Beimengungen Ausfluss. In der GnRH-Gruppe hatten 85,7 % (n = 54) einen klaren Ausfluss, in der Catosalgruppe waren es 91,0 % (n = 61) und 98,5 % (n = 64) in der eCG-Gruppe (p = 0,21).

Tabelle 29: Vaginaler Ausfluss bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p.

Gruppen	n	Grad			
		0	I	II	III
Tiere gesamt	195	177	10	3	3
Färsen	53	52	1	0	0
Kühe	142	127	9	3	3
eCG	65	64	0	0	1
GnRH	63	54	6	2	1
Catosal	67	61	4	1	1

Die Ovarien waren im Durchschnitt mit $2,77 \pm 0,67$ cm (linkes Ovar) und $2,97 \pm 0,69$ cm (rechtes Ovar) annähernd gleich groß wie am 25. Tag p. p. Die Mehrheit der Tiere (73,8 %) wies einen Follikel zwischen 1 – 2,49 cm auf. Bei den Färsen hatten mit 5,7 % (n = 3) weniger Tiere einen Follikeldurchmesser über 2,49 cm als bei den Kühen mit 13,4 % (n = 19) (p = 0,10). 14,9 % (n = 10) der Tiere in der Catosalgruppe hatten eine Ovarialzyste. Lediglich 10,8 % (n = 7) und 7,9 % (n = 5) der Tiere aus der eCG- bzw. GnRH-Gruppe hatten eine Ovarialzyste (Abbildung 7) (p = 0,55).

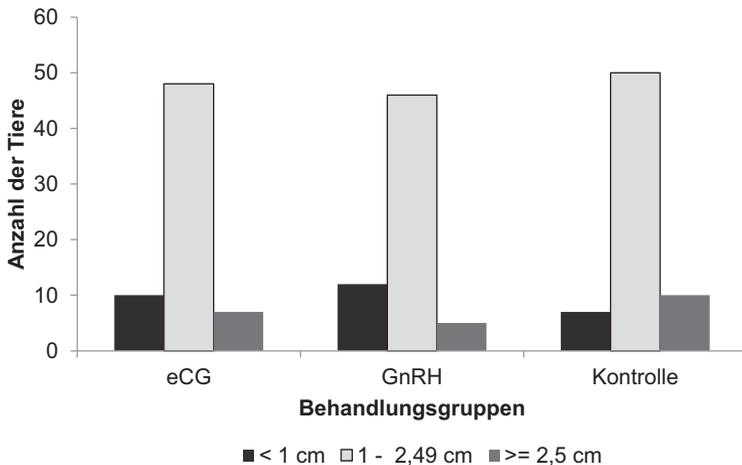


Abbildung 7: Größe der Follikel bei Fleckviehkühen (n = 195) nach Behandlungsgruppen am 42. Tag p. p.

Der durchschnittliche Durchmesser der Gelbkörper lag mit $2,33 \pm 0,65$ cm über dem am 25. Tag p. p. Der Gelbkörper der Färsen war im Schnitt annähernd gleich groß, wie jener der Kühe ($2,27 \pm 0,73$ cm vs. $2,36 \pm 0,61$ cm). Der Gelbkörper der eCG-Gruppe war mit $2,38 \pm 0,67$ cm größer als jener der GnRH- ($2,29 \pm 0,66$ cm) und der Catosalgruppe ($2,32 \pm 0,62$ cm). Am 42. Tag p. p. hatten mit 80 % (n = 156) mehr Tiere mindestens einen Gelbkörper, als am 25. Tag. Bei den Färsen hatten mit 69,8 % (n = 37) die Mehrzahl einen Gelbkörper ausgebildet, lediglich 9,4 % (n = 5) besaßen zwei und 1,9 % (n = 1) drei Gelbkörper. Bei den Kühen zeigten mit 62,7 % (n = 89) weniger einen Gelbkörper, aber dafür mit 16,2 % (n = 23) mehr zwei Gelbkörper und eine Kuh drei Gelbkörper ($p = 0,55$). Statistisch weichen die Behandlungsgruppen nicht voneinander ab ($p = 0,28$), aber die Behandlung mit eCG führte bei 18,5 % (n = 12) zur Anbildung von zwei Gelbkörpern und bei 3,1 % (n = 2) zu drei (Tabelle 30).

Tabelle 30: Anzahl der Gelbkörper am 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen

Gruppen	n	Anzahl der Gelbkörper			
		0	1	2	3
Tiere gesamt	195	39	126	28	2
Färsen	53	10	37	5	1
Kühe	142	29	89	23	1
eCG	65	12	39	12	2
GnRH	63	10	45	8	0
Catosal	67	17	42	8	0

4.5 Milchleistung

Von 186 Tieren konnte die Milchleistung der ersten 100 Laktationstage erfasst werden (Tabelle 31). Die Kühe hatten mit 3562 ± 507 kg im Durchschnitt um 579 kg mehr Milch als die Färsen (2983 ± 377 kg) ($p < 0,0001$). Der Unterschied in der Milchleistung zwischen den Behandlungsgruppen war statistisch nicht signifikant ($p = 0,14$).

Tabelle 31: Milchleistung der Tiere bis zum 100. Laktationstag in kg

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	186	3416	539	2137	5020
Färsen	47	2983	377	2137	3861
Kühe	139	3562	507	2413	5020
eCG	61	3485	553	2406	4640
GnRH	61	3305	559	2277	4673
Catosal	64	3455	497	2137	5020

4.6 Entwicklung der Uterusrückbildung über 42 Tage

Der Zervixdurchmesser hat sich bei allen Fleckviehkühen bis zum 25. Tag p. p. verringert. Im Schnitt war die Zervix um $32,6 \pm 12,9$ % kleiner als am 10. Tag (Tabelle 32). Die Färsen hatten mit $37,0 \pm 12,1$ % eine stärkere Rückbildung als die Kühe. Zwischen den Behandlungsgruppen gab es nur ggr. Unterschiede, wobei die Rückbildung der Catosalgruppe mit $33,7 \pm 13,3$ % am stärksten war. Die Rückbildung zeigte eine starke Schwankungsbreite, so bildete sich bei einer Kuh die Zervix nur um 0,6 % zurück wohingegen eine Färse mit 61,7 % die stärkste Rückbildung verzeichnete.

Tabelle 32: Relative Rückbildung der Zervix von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	32,6	12,9	0,6	61,7
Färsen	56	37,0	12,1	4,0	61,7
Kühe	144	30,9	12,9	0,6	54,1
eCG	66	32,0	13,3	2,4	58,1
GnRH	67	32,1	12,2	6,3	54,1
Catosal	67	33,7	13,3	0,6	61,7

Bis zum 42. Tag p. p. reduzierte sich der Zervixdurchmesser im Durchschnitt um $41,4 \pm 12,2$ % (Tabelle 33). Obwohl es eine große Variationsbreite von 59,8 % gab, lag die Hälfte der Tiere im Bereich von 35,4 bis 50,4 %. Die Färsen zeigten mit $46,3 \pm 11,2$ % eine stärkere Involution als die Mehrlaktierenden mit $39,6 \pm 12,1$ %. Bei Tieren der eCG-Gruppe konnte mit $42,6 \pm 11,8$ % die stärkste Rückbildung der Behandlungsgruppen festgestellt werden.

Tabelle 33: Relative Rückbildung der Zervix vom 10. bis zum 42. Tag p. p. von Fleckviehkühen in %

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	41,4	12,2	7,7	67,5
Färsen	53	46,3	11,2	11,1	67,5
Kühe	142	39,6	12,1	7,7	64,9
eCG	65	42,6	11,8	11,1	64,9
GnRH	63	41,5	12,8	7,7	67,5
Catosal	67	40,1	12,1	7,7	63,6

Betrachtet man die Rückbildung der Zervix bis zur sechsten Woche des Untersuchungszeitraumes, konnten signifikante Einflussgrößen gefunden werden.

Durch die hormonelle Behandlung konnte ein statistischer Einfluss auf die Involution der Zervix festgestellt werden. So war die Rückbildung der eCG-Gruppe am 25. Tag p. p. noch geringer als die der GnRH- und Catosalgruppe, es bildete sich die Zervix vom 25. bis zum 42. Tag stärker zurück und war am 42. Tag p. p. im Querschnitt am kleinsten. Statistisch gab es am 42. Tag p. p. zwischen der eCG- und GnRH-Gruppe keinen signifikanten Unterschied der Involution ($p = 0,20$), aber zwischen der eCG-Gruppe und der Catosalgruppe ($p = 0,009$) (Abbildung 8). Auch gab es zwischen der GnRH-Gruppe und der Catosalgruppe keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,18$) (Tabelle 34).

Die Färsen zeigten bis zum 42. Tag p. p. eine stärkere Rückbildung ($p = 0,005$). Mit steigender Laktationsanzahl nimmt die prozentuale Involution der Zervix ab ($p = 0,0004$) (Abbildung 9).

Auch die Rückenfettdicke hatte keinen Einfluss auf die Zervixinvolution. Die Abnahme der RFD bis zum 25. bzw. 42. Tag p. p. hatte keinen statistischen Einfluss auf die Involution der Zervix ($p = 0,15$).

Tabelle 34: Einflussfaktoren auf die Zervixinvolution und ihre statistische Signifikanz

Faktor	p-Wert
Laktationszahl	0,0004
Milchleistung	0,63
Abnahme der Rückenfettdicke	0,15
Zeitlicher Abstand von der Geburt	< 0,0001
eCG-Behandlung	0,009
GnRH-Behandlung	0,18

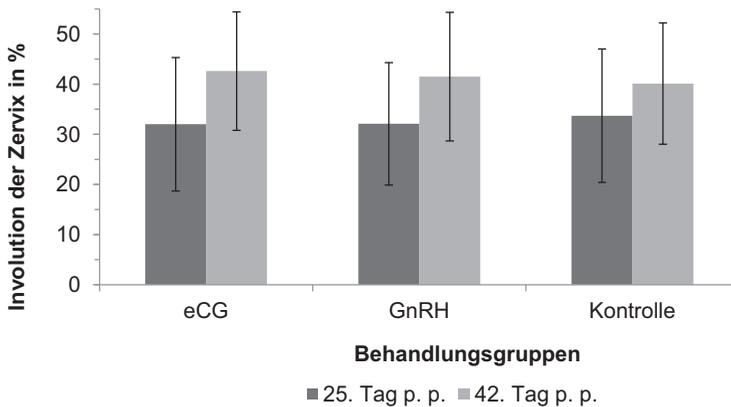


Abbildung 8: Relative Rückbildung der Zervix von Fleckviehkühen (n = 195) vom 10. bis zum 42. Tag p. p., dargestellt als Mittelwert und Standardabweichung

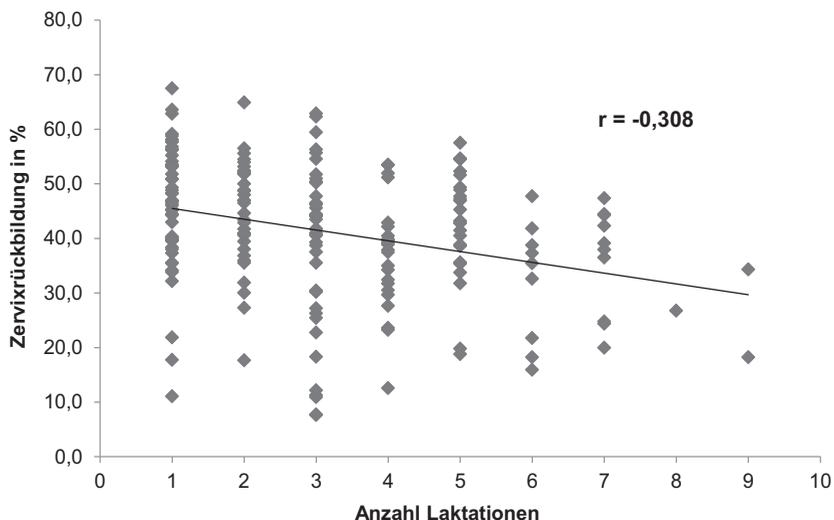


Abbildung 9: Prozentuale Zervixinvolution von Fleckviehkühen bis zum 42. Tag p. p. in Abhängigkeit ihrer Laktationsanzahl (n = 195)

Nicht alle Tiere zeigten bis zum 25. Tag p. p. eine Rückbildung des Gebärmutterkörpers. Bei 2 % (n = 4) der Tiere kam es zu einer Zunahme des Durchmessers, bei einem Tier sogar um 12,6 % (Tabelle 35). Die Zunahme des Durchmessers kam durch die vermehrte Füllung des Gebärmutterkörpers zustande. Die restlichen Tiere hatten im Durchschnitt eine Involution von $40,1 \pm 14,6$ %, mit einer maximalen Abnahme um 68,8 %. Die Färsen zeigten eine stärkere Abnahme als die Kühe. Zwischen den Behandlungsgruppen gab es nur kleine Unterschiede, die Rückbildung der GnRH-Gruppe war mit $40,1 \pm 14,8$ % am größten. Alle Tiere der Catosalgruppe wiesen eine Rückbildung auf.

Tabelle 35: Relative Rückbildung des Gebärmutterkörpers von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	40,1	14,6	-12,6	68,8
Färsen	56	42,8	13,5	5,4	62,6
Kühe	144	39,1	14,9	-12,6	68,8
eCG	66	40,0	15,0	-12,6	64,7
GnRH	67	40,1	14,8	-5,7	68,8
Catosal	67	39,5	14,2	0,5	62,7

Der Gebärmutterkörperdurchmesser reduzierte sich bis zum 42. Tag p. p. um $48,9 \pm 10,7$ % (Tabelle 36). Die Werte wiesen eine Variationsbreite von 60,7 % auf, mit einem minimalen Wert von 10,3 % und einem Maximalwert von 71,0 %. Die Hälfte aller Fleckviehkühe lag im Bereich von 43,4 bis 55,6 %. Die Färsen zeigten eine stärkere Involution ($52,0 \pm 9,6$ %) als die Kühe mit $47,7 \pm 10,9$ %. Bei den Behandlungsgruppen reduzierte sich der Durchmesser der GnRH-Gruppe am stärksten.

Tabelle 36: Relative Rückbildung des Gebärmutterkörpers vom 10. bis zum 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	48,9	10,7	10,3	71,0
Färsen	53	52,0	9,6	24,4	69,2
Kühe	142	47,7	10,9	10,3	71,0
eCG	65	48,9	10,6	14,1	71,0
GnRH	63	50,5	10,2	18,8	67,2
Catosal	67	47,4	11,3	10,3	69,2

Die Färsen zeigten bis zum 42. Tag p. p. eine statistisch signifikant größere Involution des Gebärmutterkörpers als die Kühe ($p = 0,01$). Mit Zunahme der Laktationsanzahl kam es auch beim Gebärmutterkörper zu einer Verminderung der Involution ($p = 0,02$) (Tabelle 37).

Die Abnahme der Rückenfettdicke hatte keinen Einfluss auf die Involution des Gebärmutterkörpers ($p = 0,60$).

Sowohl die Applikation von eCG ($p = 0,49$), als auch die von GnRH ($p = 0,45$) hatten keinen statistischen Einfluss auf die Involution des Gebärmutterkörpers.

Tabelle 37: Einflussfaktoren auf die Rückbildung des Gebärmutterkörpers und ihre statistische Signifikanz

Faktor	p-Wert
Laktation	0,02
Milchleistung	0,81
Abnahme der Rückenfettdicke	0,60
Zeitlicher Abstand von der Geburt	< 0,0001
eCG-Behandlung	0,49
GnRH-Behandlung	0,45

Zur Rückbildung der Hörner wurde nur das rechte Horn als Parameter der Involution herangezogen. Aufgrund der Ausdehnung des Uterus am 10. Tag p. p. und dem Abgang einiger Tiere, konnte nur von 165 Tieren die relative Involution des rechten Horns bestimmt werden.

Bei 2,4 % ($n = 4$) der Tiere kam es zur einer Zunahme des Horndurchmessers. Bei einem Tier vergrößerte sich das Horn um 42,7 % (Tabelle 38). Die Zunahme des Horndurchmessers ist durch eine vermehrte Füllung zu erklären. Die Färsen zeigten im Durchschnitt eine stärkere Rückbildung, als die Kühe. Die Tiere der Catosalgruppe

hatten mit $45,2 \pm 18,2$ % die stärkste Rückbildung der Behandlungsgruppen. Ein Tier aus dieser Gruppe wies mit einer Reduzierung von 75,7 % die größte Involution auf.

Tabelle 38: Relative Rückbildung des rechten Uterushorns von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	165	43,9	17,8	-42,7	75,7
Färsen	50	48,1	18,2	-42,7	73,2
Kühe	115	42,0	17,4	-16,7	75,7
eCG	53	43,5	18,6	-16,7	74,3
GnRH	56	43,0	17,0	-42,7	73,2
Catosal	56	45,2	18,2	-14,4	75,7

Das rechte Uterushorn reduzierte sich bis zum 42. Tag p. p. im Durchschnitt um $49,2 \pm 15,9$ % (Tabelle 39). Bis auf ein Tier, welches keine Rückbildung zeigte, verringerte sich bei den restlichen Tieren der Durchmesser. Die Hälfte der Tiere lag im Bereich von 41,4 bis 59,1 %. Die maximale Involution lag bei 86,3 %. Im Mittel zeigten die Färsen mit $54,4 \pm 15,4$ % eine größere Rückbildung als die Kühe. Zwischen den Behandlungsgruppen gab es kaum Unterschiede.

Tabelle 39: Relative Rückbildung des rechten Uterushorns von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 42. Tag p. p. in %

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	161	49,2	15,9	0	86,3
Färsen	47	54,4	15,4	5,5	83,8
Kühe	114	47,1	15,6	0,0	86,3
eCG	52	48,9	16,6	0,4	86,3
GnRH	53	49,7	13,9	24,1	77,2
Catosal	56	49,0	17,1	0,0	83,8

Bis zum 42. Tag p. p. zeigte sich auch beim rechten Uterushorn der Färsen eine stärkere Rückbildung als bei jenen der Kühe ($p = 0,09$) (Tabelle 40). Mit Zunahme der Laktationsanzahl nahm die Stärke der Involution ab ($p = 0,005$).

Anders als bei der Zervix und dem Gebärmutterkörper zeigte die Schwere der Geburtshilfe einen Einfluss auf die Rückbildung. Eine leichtes Eingreifen hatte keinen statistischen Einfluss auf die Involution, eine schwere Geburtshilfe zeigte eine Tendenz auf ($p = 0,06$). Sowohl die Behandlung mit eCG ($p = 0,59$) als auch die mit GnRH ($p = 0,22$) hatten keinen statistischen Einfluss auf die Involution des rechten Uterushorns.

Tabelle 40: Einflussfaktoren auf die Rückbildung des rechten Uterushorns

Faktor	p-Wert
Laktation	0,005
Milchleistung	0,57
Abnahme der Rückenfettdicke	0,53
Schwere Geburtshilfe	0,06
Zeitlicher Abstand von der Geburt	0,001
eCG-Behandlung	0,59
GnRH-Behandlung	0,22

Wie in der Tabelle 41 beschrieben zeigten Tiere mit einem physiologischen Puerperium einen kleineren Zervixdurchmesser als jene mit einer Erkrankung ($p = 0,0009$). Die Färsen mit einem physiologischen Puerperium zeigten einen größeren Durchmesser als jene mit einem Gestörten ($p = 0,68$). Bei den Kühen mit einem physiologischen Puerperium hingegen ist der Zervixdurchmesser im Durchschnitt kleiner ($p = 0,006$).

Tabelle 41: Durchmesser der Zervix von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195				
physiologisches Puerperium	150	2,53	0,44	1,58	3,66
gestörtes Puerperium	45	2,80	0,54	1,49	4,05
Färsen physiologisch	48	2,31	0,39	1,58	3,66
gestört	5	2,23	0,50	1,49	2,71
Kühe physiologisch	102	2,64	0,41	1,83	3,65
gestört	40	2,87	0,51	1,94	4,05

Tiere mit einem physiologischen Puerperium hatten am 42. Tag p. p. mit $2,23 \pm 0,34$ cm einen kleineren Durchmesser des Gebärmutterkörpers als erkrankte Tiere mit $2,48 \pm 0,51$ cm ($p = 0,0002$). Der Gebärmutterkörper von gesunden Färsen ($p = 0,68$) und von Kühen ($p = 0,003$) war im Durchschnitt kleiner als jener von Tieren mit einem gestörtem Puerperium, wobei die Differenz bei Färsen kleiner ausfiel als bei Kühen (Tabelle 42).

Tabelle 42: Durchmesser des Gebärmutterkörpers von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195				
physiologisches Puerperium	150	2,23	0,34	1,48	3,31
gestörtes Puerperium	45	2,48	0,51	1,65	4,15
Färsen physiologisch	48	2,06	0,33	1,48	3,20
gestört	5	2,13	0,43	1,65	2,82
Kühe physiologisch	102	2,31	0,32	1,58	3,31
gestört	40	2,52	0,51	1,83	4,15

Am 42. Tag p. p. war das rechte Horn von Tieren mit einem physiologischen Puerperium mit $1,90 \pm 0,27$ cm kleiner als jenes von Tieren mit einem Gestörten mit $2,12 \pm 0,38$ cm ($p < 0,0001$). Der Durchmesser war sowohl bei den gesunden Färsen ($p = 0,19$) und Kühen ($p = 0,002$) kleiner als bei Tieren mit einem gestörtem Puerperium (Tabelle 43).

Tabelle 43: Durchmesser des rechten Horns von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195				
physiologisches Puerperium	150	1,90	0,27	1,21	2,64
gestörtes Puerperium	45	2,12	0,38	1,41	2,99
Färsen physiologisch	48	1,75	0,25	1,21	2,46
gestört	5	1,93	0,34	1,41	2,32
Kühe physiologisch	102	1,97	0,25	1,37	2,64
gestört	40	2,14	0,37	1,62	2,99

Am 42. Tag p. p. war das linke Horn von gesunden Tieren mit $1,88 \pm 0,27$ cm kleiner als jenes der Kranken mit $2,05 \pm 0,29$ cm ($p = 0,0004$). Der Durchmesser war sowohl bei den gesunden Färsen ($p = 0,09$) und Kühen ($p = 0,02$) kleiner als bei Tieren mit einem gestörten Puerperium (Tabelle 44).

Tabelle 44: Durchmesser des linken Horns von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195				
physiologisches Puerperium	150	1,88	0,27	1,23	2,73
gestörtes Puerperium	45	2,05	0,29	1,55	2,75
Färsen physiologisch	48	1,75	0,21	1,27	2,25
gestört	5	1,93	0,33	1,55	2,29
Kühe physiologisch	102	1,94	0,28	1,23	2,73
gestört	40	2,07	0,29	1,58	2,75

Anhand der vorhandenen Daten am 42. Tag p. p. der Durchmesser des Uterus wurde für die Kühe mit einem physiologischen Puerperium ein Referenzbereich erstellt (Tabelle 45). Aufgrund der geringen Anzahl wurde der Referenzbereich für die Färsen nicht berechnet. Der Referenzbereich stellt sich aus dem Mittelwert \pm der Standardabweichung zusammen. Die Werte des Uterusdurchmessers im physiologischen Puerperiums unterscheiden sich statistisch signifikant ($p < 0,05$) von den Tieren mit gestörter postpartalen Periode. Wie in Abbildung 10 ersichtlich sind die Referenzbereiche für das physiologische Puerperium allesamt kleiner als für das gestörte Puerperium.

Tabelle 45: Referenzbereiche für den ultrasonographisch gemessenen Durchmesser von Zervix und Uterus für Fleckviehkühen mit einem physiologischen Puerperium am 42. Tag p. p. in cm (n = 102)

	Physiologisches Puerperium
Zervix	2,23 - 3,05
Corpus	1,99 – 2,63
Rechtes Horn	1,72 – 2,22
Linkes Horn	1,66 – 2,22

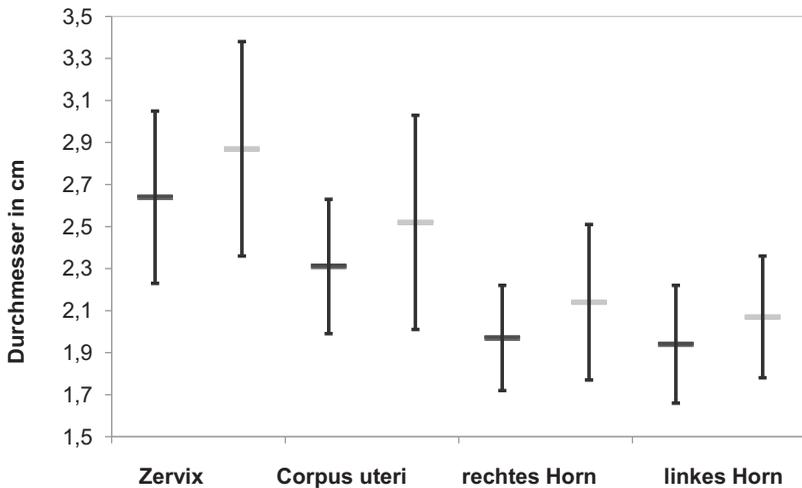


Abbildung 10: Mittelwert \pm SD von Zervix, Corpus und Uterushörnern von Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. mit physiologischem (n = 102) oder gestörtem (n = 40) Puerperium.

4.7 Fruchtbarkeitsdaten

Von den ursprünglichen 203 Fleckviehkühen konnten 169 Tiere erfolgreich besamt werden.

Der durchschnittliche Besamungsindex aller Tiere lag bei $1,7 \pm 1,1$. Die Färsen benötigten dabei mit $1,6 \pm 1,0$ weniger Besamungen als die Kühe ($p = 0,75$). Die Tiere der GnRH-Gruppe benötigten mit $1,5 \pm 0,8$ im Durchschnitt am wenigsten Besamungen für eine erfolgreiche Trächtigkeit ($p = 0,50$) (Tabelle 46). Die Färsen hatten mit 64,3 % ($n = 27$) einen höheren Erstbesamungserfolg als die Mehrlaktierenden mit 55,9 % ($n = 71$). Bei den Färsen konnten mit 73,7 % ($n = 42$) weniger Tiere ein weiteres Mal einer Trächtigkeit zugeführt werden als mit 87 % ($n = 127$) bei den Kühen.

Tabelle 46: Anzahl der Besamungen bis zur erfolgreichen Trächtigkeit

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	169	1,7	1,1	1	6
Färsen	42	1,6	1,0	1	5
Kühe	127	1,7	1,1	1	6
eCG	58	1,7	1,0	1	5
GnRH	54	1,5	0,8	1	4
Catosal	57	1,8	1,3	1	6

Die durchschnittliche Rast- und Günstzeit wurden aufgrund der rechtsschiefen statistischen Verteilungsform mittels geometrischen Mittelwertes angegeben. Der geometrische Mittelwert der Rastzeit aller Tieren lag bei 61,4 (SF = 1,31) Tagen. Die Färsen konnten mit 57,9 (SF = 1,30) Tagen früher zum ersten Mal besamt werden als die Kühe. Zwischen den Behandlungsgruppen zeigte sich kaum ein Unterschied (Tabelle 47). Unter Berücksichtigung des Betriebseinflusses im statistischen Modell zeigten die Färsen keine statistisch signifikant niedrigere Rastzeit als die Kühe ($p =$

0,07). Auch zwischen den Behandlungsgruppen stellte sich keine statistisch signifikante Differenz dar ($p > 0,10$).

Tabelle 47: Rastzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit zur puerperalen Behandlung in Tagen

Gruppen	n	\bar{x}_g	SF	Min.	Max.
Tiere gesamt	177	61,4	1,31	40	169
Färsen	44	57,9	1,30	40	169
Kühe	133	62,6	1,31	40	132
eCG	59	60,0	1,27	40	116
GnRH	58	64,0	1,35	40	169
Catosal	60	60,3	1,31	40	132

Die durchschnittliche Gützeit betrug 77,6 (SF = 1,48) Tage. Die Färsen zeigten mit 71,1 Tagen (SF = 1,48) eine niedrigere Gützeit als die Kühe. Der Einsatz von eCG zeigte kaum einen Einfluss auf die Gützeit. Unter Berücksichtigung des Betriebseinflusses im statistischen Modell zeigten die Färsen eine statistisch signifikant kürzere Gützeit als die Kühe ($p = 0,04$). Zwischen den Behandlungsgruppen stellte sich keine statistisch signifikante Differenz dar ($p > 0,10$).

Tabelle 48: Gützeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit zur puerperalen Behandlung in Tagen

Gruppen	n	\bar{x}_g	SF	Min.	Max.
Tiere gesamt	169	77,6	1,48	40	236
Färsen	42	71,1	1,48	42	207
Kühe	127	80,0	1,48	40	236
eCG	58	74,3	1,46	40	173
GnRH	54	79,0	1,45	42	169
Catosal	57	79,9	1,54	41	236

Am 25. Tag p. p. und 42. Tag p. p. wurde aus den vorhandenen Untersuchungsergebnissen jeder Kuh ein Gesundheitsstatus zugewiesen.

So ergab sich, dass am 25. Tag p. p. 67,0 % (n = 134) der Tiere keine Störung des Puerperiums aufwiesen (Tabelle 49), von den Färsen waren 23,2 % (n = 13) und von den Kühen 36,8 % (n = 53) erkrankt ($p = 0,07$). Die häufigste Erkrankung waren Ovarialzysten, die 60,6 % (n = 40) der Störungen ausmachten. Die Mehrheit der Zysten bildeten Kühe aus (n = 31). Tiere der eCG-Gruppe bildeten mit 55 % (n = 22) vermehrt eine Zyste aus, als die der GnRH- (n = 9) und Catosalgruppe (n = 9).

Bei 10,0 % (n = 20) der Tiere konnte eine Endometritis mit eitrigem Ausfluss festgestellt werden. Der größere Anteil dieser Tiere waren Kühe (n = 16). 4,2 % (n = 6) der Tiere besaßen sowohl eine Ovarialzyste, als auch eine Endometritis. Alle sechs Tiere waren mehrlaktierend. Die Häufigkeit des Auftretens der Störungen unterschied sich zwischen den Behandlungsgruppen signifikant ($p = 0,04$) und zwischen den Laktationen nicht signifikant ($p = 0,19$).

Tabelle 49: Fruchtbarkeitsstörungen am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen

	n	Gesund	Zyste	Endometritis	Beides
Tiere gesamt	200	134	40	20	6
Färsen	56	43	9	4	0
Kühe	144	91	31	16	6
eCG	66	38	22	4	2
GnRH	67	50	9	7	1
Catosal	67	46	9	9	3

Bei der dritten Untersuchung erhöhte sich die Anzahl der gesunden Tiere auf 76,9 % (n = 150) (Tabelle 50), 9,4 % (n = 5) der Färsen und 28,2 % (n = 40) waren betroffen (p = 0,006). Die Anzahl der Tiere mit Ovarialzysten verringerte sich auf 6,7 % (n = 13). Nur eine Färse (1,9 %) hatte eine Ovarialzyste, die restlichen 12 Tiere (8,5 %) waren Kühe. Der größte Anteil der Störungen fiel am 42. Tag p. p. auf die Endometritis (n = 23). Dabei hatten 14,8 % (n = 21) der Kühe eine Entzündung der Gebärmutter und weitere 4,9 % (n = 7) eine Endometritis und Ovarialzyste. Die Unterschiede zwischen Färsen und Kühen war statistisch signifikant (p = 0,04). Die Verteilung der Störungen unter den Behandlungsgruppen war statistisch nicht signifikant (p = 0,78).

Tabelle 50: Fruchtbarkeitsstörungen am 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen

	n	Gesund	Zyste	Endometritis	Beides
Tiere gesamt	195	150	13	23	9
Färsen	53	48	1	2	2
Kühe	142	102	12	21	7
eCG	65	52	5	6	2
GnRH	63	49	3	9	2
Catosal	67	49	5	8	5

Die durchschnittliche Rastzeit der Tiere mit einem physiologischen Puerperium ist mit 60,1 (SF = 1,32) um ca. fünf Tage kürzer, als jene mit einem gestörtem Puerperium ($p = 0,06$) (Tabelle 51).

Tabelle 51: Rastzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit des puerperalen Verlaufes in Tagen

Gruppen	n	\bar{x}_g	SF	Min.	Max.
Tiere gesamt	177	61,4	1,31	40	169
Färsen	44	57,9	1,30	40	169
Kühe	133	62,6	1,31	40	132
physiologisches Puerperium	137	60,1	1,32	40	169
gestörtes Puerperium	40	65,9	1,28	43	115

Eine puerperale Störung verlängerte die Günstzeit durchschnittlich um 19,4 Tage ($p = 0,01$) (Tabelle 52).

Tabelle 52: Günstzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit des puerperalen Verlaufes in Tagen

Gruppen	n	\bar{x}_g	SF	Min.	Max.
Tiere gesamt	169	77,6	1,48	40	236
Färsen	42	71,1	1,48	42	207
Kühe	127	80,0	1,48	40	236
physiologisches Puerperium	132	74,5	1,45	40	207
gestörtes Puerperium	37	89,9	1,57	43	236

4.8 Abgänge

Über den Studienzeitraum reduzierte sich die Anzahl der Tiere von 203 auf 169 (83,3 %), die eine erneute Trächtigkeit erreichten. Von den 34 abgegangenen Tieren waren 15 Färsen (26,3 %) und 19 Kühe (13,0 %)(Tabelle 53). Die Abgänge zwischen Kühen und Färsen unterschied sich statistisch signifikant ($p = 0,003$), jene zwischen den Behandlungsgruppen nicht ($p = 0,64$). Diese statistische Abweichung zwischen den Färsen und Kühen ist der prekären Lage am Milchmarkt zur Zeit der Untersuchung bedingt, da die Landwirte vermehrt Erstlaktierende aus dem Bestand entfernten, die nicht ihren Ansprüchen gerecht wurden.

Tabelle 53: Einteilung der Abgänge nach Krankheitsursachen

Ursache	n
Erkrankungen des Euters	7
Zu niedrige Leistung	6
Erkrankungen der Geschlechtsorgane	6
Erkrankungen an den Klauen und Extremitäten	3
Verkauf	3
Schlachtung	3
Verminderte Melkbarkeit	2
Erhöhte Zellzahl	1
Erkrankungen des Darms	1
Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems	1
Stoffwechselerkrankungen	1

4.9 Entwicklung der Rückenfettdicke über 42 Tage

Über den Untersuchungszeitraum wurde an den drei Untersuchungsterminen die Rückenfettdicke (RFD) bestimmt. Es konnte von allen Tieren die Fettschicht vermessen werden.

Bei der ersten Untersuchung hatten die Tiere eine durchschnittliche RFD von $1,78 \pm 0,47$ cm (Tabelle 54). Die Färsen hatten mit $1,81 \pm 0,45$ cm eine höhere RFD als die Kühe ($p = 0,57$). Die RFD zwischen den Behandlungsgruppen unterschied sich nur geringfügig ($p = 0,91$).

Tabelle 54: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 10. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	203	1,78	0,47	0,77	2,68
Färsen	57	1,81	0,45	0,81	2,64
Kühe	146	1,77	0,48	0,77	2,68
eCG	67	1,77	0,50	0,81	2,61
GnRH	68	1,77	0,45	0,77	2,68
Catosal	68	1,80	0,46	0,81	2,64

Am 25. Tag p. p. reduzierte sich die durchschnittliche RFD auf $1,59 \pm 0,43$ cm (Tabelle 55). Die Färsen wiesen noch immer eine höhere RFD als die Kühe auf, allerdings war die Differenz nur sehr gering ($p = 0,84$). Auch zwischen den Behandlungsgruppen gab es kaum Unterschiede ($p = 0,84$).

Tabelle 55: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 25. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	200	1,59	0,43	0,70	2,70
Färsen	56	1,60	0,39	0,88	2,70
Kühe	144	1,59	0,44	0,70	2,50
eCG	66	1,60	0,44	0,70	2,46
GnRH	67	1,57	0,42	0,77	2,50
Catosal	67	1,61	0,42	0,85	2,70

Bei der letzten Untersuchung kam es abermals zu einer Reduktion der RFD auf $1,41 \pm 0,40$ cm (Tabelle 56). Die Differenz zwischen den Kühen und Färsen wurde mit ca. 0,10 cm wieder größer ($p = 0,14$). Die Tiere der eCG-Gruppe hatten mit $1,39 \pm 0,40$ cm die geringste RFD ($p = 0,88$).

Tabelle 56: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 42. Tag p. p. in cm

Gruppen	n	\bar{x}	SD	Min.	Max.
Tiere gesamt	195	1,41	0,40	0,60	2,52
Färsen	53	1,48	0,39	0,77	2,52
Kühe	142	1,38	0,40	0,60	2,22
eCG	65	1,39	0,40	0,60	2,18
GnRH	63	1,43	0,40	0,71	2,22
Catosal	67	1,41	0,39	0,77	2,52

Im Zeitraum bis zum 42. Tag p. p. reduzierte sich die mittlere Rückenfettdicke von anfänglichen $1,78 \pm 0,47$ cm auf $1,41 \pm 0,40$ cm (Abbildung 11). Die Abnahme der RFD der Färsen war zwischen der ersten und zweiten Messung (0,21 cm) stärker als

zwischen der zweiten und dritten Messung (0,12 cm). Bei den Kühen hingegen verlief es umgekehrt.

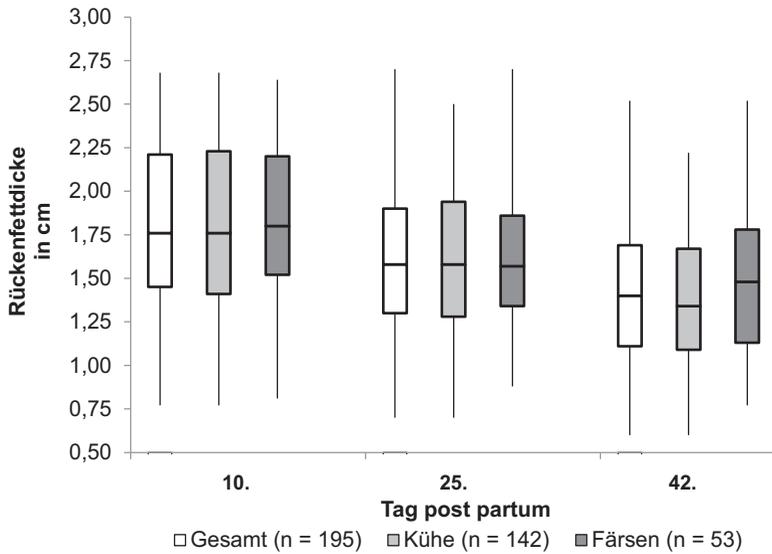


Abbildung 11: Verlauf der Rückenfettstärke bei Fleckviehkühen bis zum 42. Tag p. p.

5 Diskussion

5.1 Fragestellung

Subfertilität ist eines der größten Probleme in der modernen Milchviehhaltung und führt zu hohen ökonomischen Einbußen für die Landwirte (KRUEGER et al., 2009; VOJGANI et al., 2013). Eine unzureichende Uterusinvolution, eine verzögerte Wiederaufnahme der Ovaraktivität und eine Uterusinfektion in der postpartalen Periode werden als Ursachen für eine schlechte Fruchtbarkeit genannt (FREICK et al., 2017). Gebärmuttererkrankungen, postpartale Anovulation, Milchleistung, Alter und Körperkondition können einen negativen Einfluss auf die Gebärmutterrückbildung nehmen und führen zu einer Verlängerung der postpartalen Phase (EL-DIN ZAIN et al., 1995; SHELDON & DOBSON, 2000; HAJURKA et al., 2005; ZHANG et al., 2010). Ein verlängertes Puerperium kann zu einer Verlängerung der Güst- und Zwischenkalbezeit führen. Um eine gute Wirtschaftlichkeit eines Betriebes zu erhalten wird eine Zwischenkalbezeit unter 400 Tagen erwartet, idealerweise sollte sie im Bereich zwischen 365 – 385 Tage liegen.

Um der Verlängerung des Puerperiums entgegenzuwirken gibt es eine Reihe von Strategien, die in der Literatur beschrieben sind. Eine ist die Gabe von eCG. Um diese Strategie in der vorliegenden Untersuchung zu überprüfen, wurde den Tieren eCG im Frühpuerperium verabreicht. Die LH- und FSH-Wirkung des eCG auf die Ovarien soll die Follikelentwicklung fördern (SHELDON & DOBSON, 2000; ROSTAMI et al., 2011; VOJGANI et al., 2013). Die Studien zum puerperalen eCG-Einsatz konzentrierten sich auf die Auswirkungen des eCG auf die Ovaraktivität, nur wenige Autoren untersuchten den Einfluss von eCG auf die Uterusinvolution (SHELDON & DOBSON, 2000; FREICK et al., 2017; CANADAS et al., 2019). Alle diese Studien wurden an Holstein Friesian Kühen durchgeführt. Die Auswirkung der frühen postpartalen eCG-Gabe auf Fleckviehkühe wurde bisher noch nicht analysiert.

5.2 Diskussion der Methodik

Die Wirkung von eCG auf das Rinderovar ist dosisabhängig. So ist eine Applikation von 500 I. E. unzureichend, um multiple Ovulationen am Ovar auszulösen (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Eine Verabreichung von über 1000 I. E. führte zur Anbildung mehrerer Follikel und zu multiplen Ovulationen (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Daher werden Dosierungen von 2000 – 2500 I. E. im Rahmen des Embryotransfer verwendet, um eine möglichst große Anzahl von Embryonen zu erhalten (BARUSELLI et al., 2011). Die Wahl der Dosierung von 500 I. E. eCG in dieser Untersuchung ergab sich aus den Ergebnissen vorhergehender Studien. So verbesserte die Applikation von 500 I. E. das Follikelwachstum (ROSTAMI et al., 2011), erhöhte die Ovulationsrate des dominanten Follikels der ersten Follikelwelle (ROSTAMI et al., 2011), verkürzte den Zeitraum bis zur ersten Besamung nach der Geburt (VOJGANI et al., 2013) und verringerte die Güstzeit (VOJGANI et al., 2013). Der Einsatz von eCG am 14. Tag p. p. überwand die Hemmung der Follikulogenese des Ovars im ipsilateralen Horn der vorhergehenden Trächtigkeit gegenüber den Kontrolltieren. Eine Erhöhung der eCG-Dosierung von 250 auf 750 I. E. brachte jedoch keine statistisch signifikante Vergrößerung der Follikeldurchmesser (SHELDON & DOBSON, 2000).

Keine der bisher durchgeführten Studien zum Einfluss des eCG auf das Ovar und die Gebärmutter von Rindern wurde an der Rasse Fleckvieh untersucht. Die vorherrschende Rasse in Oberösterreich ist das Fleckvieh.

Die Applikation von eCG am 10. Tag p. p. wurde deshalb gewählt, da die FSH-Ausschüttung ab dem 7. Tag p. p. ansteigt und zur Anbildung der ersten Follikelwelle zwischen dem 10. und 14. Tag p. p. führt (ROCHE, 2006; PETER et al., 2009). Ein Einsatz von eCG vor dem 7. Tag p. p. erfüllt nicht den gewünschten Effekt, da die Follikel noch nicht für eine Stimulation mit FSH empfänglich sind. Eine Verabreichung von eCG am 14. Tag p. p. beeinflusste das Follikelwachstum des Ovars am ipsilateralen Horn der vorhergehenden Trächtigkeit, hatte aber keine Auswirkung auf die uterine Involution (SHELDON und DOBSON, 2000). Um die erste Follikelwelle post partum zu beeinflussen wurde von verschiedenen Autoren das eCG am 6. Tag p. p. verabreicht.

Die Applikation hatte einen positiven Einfluss auf die Ovulationsrate, Follikelwachstum und Günstzeit. Allerdings wurde in diesen Studien der Einfluss auf den Uterus nicht untersucht (ROSTAMI et al., 2011; VOJGANI et al., 2013).

Zur Bestimmung der Uterusinvolutions wurde der Uterus an Zervix, Corpus und Horn sonographisch vermessen. Der Querdurchmesser der Zervix und des Uteruskörpers sind von der Erreichbarkeit durch den Untersuchenden am leichtesten zu vermessen. Die Messstelle in der Mitte der Zervix und des Corpus unmittelbar kranial der Zervix wurden als zuverlässige und ausreichende Parameter für die Involutionserfassung beschrieben (MATEUS et al., 2002; HAJURKA et al., 2005). Die Messung der Gebärmutterhörner kranial der Bifurcation uteri wurde deshalb gewählt, um eine definierte Lokalisation an den Hörnern zu erhalten und dadurch eine Wiederholbarkeit zu garantieren. Diese Messstelle erwies sich vor allem am 10. Tag p. p. als nicht ideal, da die Ausdehnung des Uterus nach kranial bei 16,7 % (n = 68) der Hörner keine Messung zuließ. Die Füllung am Gebärmutterhorn konnte durch die einmalige vertikale Messung nicht als repräsentativ für das gesamte Horn gesehen werden. Zur besseren Bestimmung der Füllung sollte bei zukünftigen Studien ein Querdurchmesser an der Bifurcation uteri bestimmt werden.

Die Auswahl der drei Untersuchungszeitpunkte muss nach Abschluss der Studie überdacht werden. Die erste Untersuchung am 10. Tag p. p. war gut gewählt. Durch die rasche Uterusinvolutions im Frühperium erhöht ein früherer Zeitpunkt nur die Wahrscheinlichkeit einer ausstehenden Messung der Uterushörner. Die Terminierung der zweiten Untersuchung am 25. Tag p. p. war sinnvoll, da sich die Gebärmutter bis zu diesem Zeitpunkt bei den meisten Tieren makroskopisch zurückgebildet hat und der Uterus, um als gesund beschrieben werden zu können, zu diesem Zeitpunkt keine Füllung mehr aufweisen sollte. Zwischen diesen beiden Untersuchungen wäre eine weitere Messung ideal gewesen, um die rasche Involution der ersten Wochen besser darstellen zu können. Die letzte Untersuchung am 42. Tag p. p. kennzeichnet das Ende der Uterusinvolutions. In mehreren vorhergehenden Studien zeigte der Zeitraum um den 40. Tag p. p. das Ende der Involution (OKANO & TOMIZUKA, 1987; KAMIMURA et al.,

1993; EL-DIN ZAIN et al., 1995; ZHANG et al., 2010). An diesem Untersuchungstag konnte anschließend auch die Aussage über den Gesundheitszustand des Genitales getroffen werden.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Applikation von eCG in der vorliegenden Studie hatte keinen relevanten Einfluss auf das Puerperium von Fleckviehkühen.

In vorhergehenden Studien konnte der Einsatz von eCG ebenfalls nicht immer einen Effekt erzielen. Mit der Applikation von eCG am 6. Tag p. p. erreichten ROSTAMI et al. (2011) eine höhere Ovulationsrate. Durch die frühere Applikation des eCG und somit früheren Stimulation der heranreifenden ersten Follikelwelle zwischen dem 5. und 7. Tag p. p. könnte eine Beschleunigung der mittel-großen Follikel bedingt haben. CANADAS et al. (2019) konnten durch die Applikation am 8. Tag p. p. eine schnellere Uterusinvolution erreichen, aber keinen Einfluss auf die Wiederaufnahme der Ovarfunktion feststellen. Sie konnten in ihrer Studie nur am 21. Tag p. p. eine statistische Differenz des Durchmessers vom trächtigen und nicht trächtigen Horn zwischen der eCG- und Kontrollgruppe feststellen. Am 28., 35. und 42. Tag p. p. gab es keinen statistischen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Auch konnten sie keinen Effekt des eCG auf die Zervixinvolution feststellen. Der Unterschied zu der vorliegenden Studie lag im Messverfahren. CANADAS et al. (2019) stellten den Uterusdurchmesser mittels Querschnittsfläche dar, verglichen die Gruppen nur mit den Absolutwerten des jeweiligen Untersuchungstages und berechneten keine prozentuale Rückbildung. In ihrer Studie zeigte die eCG-Applikation eine positive Wirkung auf die Uterusinvolution und verringerte den Zeitraum bis zur ersten Lutealaktivität post partum von Kühen. Eine Applikation am 14. Tag p. p. überwand die Hemmung der Follikulogenese im ipsilateralen Ovar der vorhergehenden Trächtigkeit und führte zum vermehrten Follikelwachstum (SHELDON & DOBSON, 2000). SHELDON & DOBSON (2000) ermittelten das Follikelwachstum allerdings nur bis zum 6. Tag nach der

Applikation des eCG. Die Follikelentwicklung wurde nicht weiter verfolgt und somit kann keine Aussage der mittelfristigen Auswirkung auf das Ovar getroffen werden. Zudem konnte die Anwendung von eCG keine signifikante Beschleunigung der uterinen Involution erreichen. Die Applikation von eCG zwischen dem 11. und 17. Tag p. p. bewirkte weder eine Verbesserung der Konzeptionsrate, noch eine Reduktion des Trächtigkeitsverlustes bis zum 60. Trächtigkeitstag, während einer Hitzeperiode (PATRON-COLLANTES et al., 2017). Die Autoren vermuteten den intensiven Hitzestress als Grund für das Ausbleiben einer positiven Wirkung durch die eCG-Gabe. Die Applikation zwischen dem 9. und 15. Tag p. p. beeinflusste die Fruchtbarkeitsleistung der Tiere nicht (FREICK et al., 2017). Die Autoren sahen die spätere Applikation als einen Grund für das Fehlschlagen der eCG-Wirkung. Zum Unterschied der vorliegenden Studie wurden von FREICK et al. (2017) die Tiere einem Presynch-Ovsynch Protokoll unterzogen, das einen Effekt des eCG verdeckt haben könnte.

Der Einsatz von eCG führte in der vorliegenden Studie zum vermehrten Nachweis von Zysten am 25. Tag p. p. ($p = 0,04$). Mehr als die Hälfte der Tiere mit Zysten ($n = 24$) befand sich in der Gruppe der eCG-Behandlung, was einem prozentualen Anteil von 36,4 % der eCG-behandelten Tiere entspricht. Nach der Applikation des eCG am 6. Tag p. p. ovulierten fast alle behandelten Tiere (13 von 14) vor dem 20. Tag p. p. und es kam zu keiner Anbildung von Zysten (ROSTAMI et al., 2011). In einer Studie von PATRON-COLLANTES et al. (2017) entwickelten nach Applikation von eCG zwischen 11. und 17. Tag p. p. 18,2 % ($n = 39$) der Tiere nach zwei Wochen eine Zyste, in der Kontrollgruppe waren es 13,9 % ($n = 26$). Bis zur dritten Woche p. p. hatten nur 6,7 % der Tiere einen Gelbkörper ausgebildet und 70,3 % der Tiere wiesen eine abnormale Ovaraktivität auf. Die Untersucher stellten die These eines möglichen negativen Einflusses von Hitzestress auf die Tiere in ihrer Studie auf, der die Wirkung der eCG-Behandlung reduziert hat (PATRON-COLLANTES et al., 2017).

Als einen auslösenden Faktor für die Anbildung von Zysten in der puerperalen Phase sehen SAVIO et al. (1990 b) die geringe Reaktion der Hypophyse auf GnRH und eine

niedrige Aktivität des sezernierten LH. Das fortschreitende Wachstum des Follikels in Abwesenheit eines Gelbkörpers scheint durch den Mangel eines positiven Feedbacks durch Östradiol bedingt zu sein (CROWE et al., 2014). Zu diesem Zeitpunkt ist der Progesteronspiegel im Blut niedrig, wohingegen die Östrogenkonzentration überdurchschnittlich hoch ist. Dies führt zu einer Unterdrückung des präovulatorischen LH/FSH-Anstieg (CROWE et al., 2014). Als Hauptursachen für die Anbildung von Zysten werden ein Energiemangel, eine erhöhte Milchleistung, Verlust an Körpermasse und Entzündungen der Gebärmutter genannt (ROCHE, 2006). Der signifikante Unterschied der Zystenhäufigkeit am 25. Tag p. p. zwischen den Behandlungsgruppen kann durch diese Ursachen nicht erklärt werden, da weder die Milchleistung ($p = 0,14$), noch die Rückenfettdicke ($p = 0,84$) oder eine Entzündung des Uterus ($p > 0,05$) zwischen den Gruppen statistisch signifikant unterschiedlich war. Daher kann ein negativer Einfluss des eCG auf das Ovar als sehr wahrscheinlich angenommen werden.

Eine mögliche Erklärung für die vermehrte Anbildung von Zysten durch die Applikation am 10. Tag p. p. könnte in der langen Halbwertszeit des eCG beim Wiederkäuer liegen. Diese wird beim Rind auf 45,6 Stunden geschätzt (MURPHY, 2012) und bedingt bis zu 123 Stunden einen aktiven Wirkspiegel im Blut (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Die langanhaltende Wirkung wurde in früheren Jahren sehr intensiv beim Einsatz in der Superovulation untersucht (SAUMANDE et al., 1984; WANG et al., 1987; WANG et al., 1988; DE LOOS et al., 1991; DIELEMAN et al., 1993).

In der Superovulation werden zum Heranreifen zahlreicher Follikel Dosierungen von 2500 bis 3000 I. E. eCG verwendet. Die Applikation von eCG führt zum Heranreifen von Oozysten und Follikel mit unterschiedlichen Reifestadien, im Gegensatz zu normal zyklischen Tieren (DE LOOS et al., 1991). Daraus schlossen DE LOOS et al. (1991), dass die Induktion einer Superovulation zu einer Störung der harmonischen Entwicklung von präovulatorischen Follikeln und deren Oozysten führen kann. Die lange Halbwertszeit des eCG führt zu einer anhaltenden eCG-Wirkung nach der primären Superovulation, welches die transferierbaren Embryonen und noch verbleibenden Follikel nachteilig beeinflusst (DIELEMAN et al., 1993). Um diesen Effekt zu unterbinden

wurden den Tieren nach der Superovulation mono- oder polyclonale Anti-eCG Antikörper verabreicht, die den Effekt des eCG innerhalb kürzester Zeit neutralisieren (DIELEMAN et al., 1989; DIELEMAN et al., 1993). Durch die Applikation von Anti-eCG kurz nach dem LH-Peak der Superovulation konnte im Vergleich zu einer reinen eCG-Applikation die Anzahl an transferierbaren Embryonen gesteigert, die Anzahl an Gelbkörpern erhöht und die Anzahl an Zysten reduziert werden (DIELEMAN et al., 1989). Auch in anderen Studien konnte durch den Einsatz von Anti-eCG die Anzahl der Gelbkörper erhöht und die Anzahl nicht ovulierter Follikel reduziert werden (WANG et al., 1987; WANG et al., 1988).

Vornehmlich wird bei der Superovulation den Tieren das eCG zwischen dem 8. und 12. Tag nach dem Östrus verabreicht (SAUMANDE et al., 1984; WANG et al., 1987; DE LOOS et al., 1991; BÓ & MAPLETOFT, 2014). Dieser Zeitpunkt entspricht ungefähr der Entstehung der zweiten Follikelwelle und dem Vorliegen einer Kohorte von wachsenden Follikeln. Beginnt man mit der Gonadotropin-Behandlung am Tag der Entstehung einer Follikelwelle, so erhöht sich die Reaktion der Superovulation (BÓ & MAPLETOFT, 2014). Bei zyklischen Tieren kann der zweite dominante Follikel (Follikeldurchmesser >10 mm) um den 14. Tag (Variationsbreite von 11. – 16 .Tag) identifiziert werden (SAVIO et al., 1990 b; SARTORI et al., 2004). Vergleichbar kommt es bei Tieren im Puerperium zwischen dem 6. bis 8. Tag p. p. zum Aufkommen der ersten Follikelwelle und um den 10. Tag p. p. kann ein dominanter Follikel dargestellt werden (SAVIO et al., 1990 b; SHELDON, 2004). In der vorliegenden Studie hatten 80,1 % (n = 153) der Tiere am 10. Tag p. p. einen dominanten Follikel. Zwischen den Behandlungsgruppen existierte kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,79$). Der Zeitpunkt der eCG-Applikation ist vergleichbar mit jenem im Rahmen der Superovulation. Bei der Superovulation führte eine Applikation eCG ohne Neutralisierung mit Anti-eCG zur Anbildung von mehreren großen anovulatorischen Follikeln (10 bis 30 mm im Durchmesser) zum Zeitpunkt der Embryonen-Gewinnung (DIELEMAN et al., 1993). In einer Studie von DIELEMAN et al. (1989) zeigten mit eCG superovulierte Kühe am 6. und 7. Tag nach Applikation von eCG eine hohe Anzahl (um die 12 pro Kuh) an

luteinisierten Zysten, welche in der Gruppe mit Anti-eCG reduziert werden konnte. DIELEMAN et al. (1989) sahen den Ursprung der Zysten nicht in einer fehlenden Ovulation des persistierenden Follikeln, sondern in der Stimulation von kleinen Follikeln durch eCG, welches nach der Ovulation noch zirkulierte. Daher ist es naheliegend, dass die lange Halbwertszeit des eCG in dieser Studie zu einer vermehrten Anbildung von Zysten am 25. Tag p. p. geführt haben könnte. Ein weiterer Hinweis dafür ist die Anwesenheit eines Gelbkörpers als Zeichen einer vorhergehenden Ovulation, in Kombination mit einer Zyste bei 12 Tieren am 25. Tag p. p.

Im Gegensatz zur Studie von ROCHE (2006), in der sich die Inzidenz der Zysten auf 1 – 5 % beläuft, zeigten in dieser Studie 23,0 % (n = 46) der Tiere bei der zweiten Untersuchung ein Follikeldurchmesser > 2,49 cm. Die Anzahl der Zysten reduzierte sich bis zum 42. Tag p. p. auf 11,3 % (n = 22), wobei bei den Tieren aus der Catosalgruppe mit 14,9 % (n = 10) am meisten Zysten festgestellt wurden. Der Anteil der Zysten in der eCG-Gruppe reduzierte sich bis zum 42. Tag p. p. auf 10,8 % (n = 7). Im Vergleich erhöhte sich die Anzahl der Zysten in der Studie von PATRON-COLLANTES et al. (2017) bis zum 38. Tag p. p. auf 20,1 % (n = 43). Ein Grund für den Unterschied kann die Tatsache sein, dass in der eigenen Studie die Zysten im Anschluss an die Untersuchung mechanisch gesprengt wurden und PATRON-COLLANTES et al. (2017) eine Zyste durch das Vorhandensein bei zwei hintereinander gelegenen Untersuchungen definierten.

Die Applikation von eCG im Frühpuerperium ist mit einer verstärkten Involution der Zervix bis zum 42. Tag p. p. assoziiert. Die eCG-Gabe hatte auf die Involution der anderen gemessenen Abschnitte des Uterus keinen statistisch signifikanten Einfluss. Vom 25. bis zum 42. Tag p. p. zeigte die eCG-Gruppe eine stärkere Involution, wies bis zum 42. Tag p. p. die rascheste Involution auf ($p = 0,009$) und zeigte am 42. Tag p. p. den kleinsten Durchmesser der Zervix aller Behandlungsgruppen.

Die signifikante Rückbildung der Zervix vom 25. bis zum 42. Tag p. p. könnte durch die lange Wirkdauer des eCG erklärt werden. Sie könnte eine gesteigerte Involution der

Zervix bedingt haben. eCG wirkt am Ovar durch die Bindung an LH- und FSH-Rezeptoren (DE RENSIS & LOPEZ-GATIUS, 2014). Beim Rind und weiteren Spezies wurden diese Rezeptoren auch extragonadal unter anderem in Uterus, Zervix und Uterusvene nachgewiesen (MIZRACHI & SHEMESH, 1999; SHEMESH, 2001; ZHENG et al., 2001; ZIECIK et al., 2005). ZHENG et al. (2001) wiesen LH-Rezeptoren bei Mäusen und Ratten im Ovar und Uterus nach. Die Anzahl an Rezeptoren im Uterus waren im Verhältnis zur jenen im Ovar deutlich niedriger. Sie wiesen LH-Rezeptoren in den Stromazellen des Uterus, Serosazellen des Uterus und des Eileiters nach. Diese Rezeptoren wurden auch in anderen Spezies wie Hase, Schwein, Mensch und Rind gefunden (SHEMESH et al., 2001). Beim Rind wurden die Rezeptoren in der Zervix, Uterusvene und Myometrium detektiert (SHEMESH et al., 1997; MIZRACHI & SHEMESH, 1999). Die Anzahl der Rezeptoren in der Zervix schwanken je nach Zyklusstandes der Rinder (MIZRACHI & SHEMESH, 1999; SHEMESH et al., 2001). Die LH-Rezeptoren sind während der Lutealphase (Tag 12 bis 16 des Zyklus) maximal exprimiert, während sich die Anzahl zum Östrus hin (Tag 18 bis 0) reduziert und in der postovulatorischen Phase (Tag 1 bis 4) nicht mehr nachweisbar sind (MIZRACHI & SHEMESH, 1999; SHEMESH et al., 2001). Die FSH-Rezeptoren hingegen sind während des Östrus und Proöstrus maximal exprimiert, während sie in der Lutealphase niedriger und am niedrigsten in der postovulatorischen Phase sind (SHEMESH, 2001; SHEMESH et al., 2001). Je nach Verteilung der Rezeptoren, verursachen diese eine Kontraktion oder Relaxation der Uterusmuskulatur (SHEMESH, 2001). Laut einigen Studien könnten die Rezeptoren auch noch bei weiteren physiologischen Prozessen und Signalwegen des Uterus beteiligt sein (MIZRACHI & SHEMESH, 1999; SHEMESH, 2001). Eine Wirkung des eCG auf die Involution der Zervix lässt auf das Vorhandensein von LH- und FSH-Rezeptoren auf der Zervix schließen. Bisher gibt es keine Untersuchungen zur zervikalen Expression der Rezeptoren im Puerperium. Dies ist eine Aufgabe für die Zukunft.

Die Laktationsanzahl hatte einen nachweisbaren Einfluss auf die Involution des Uterus. Mit Zunahme der Laktationszahl kam es zu einer Reduktion der Involution und zu einer Zunahme des Uterusdurchmessers am 42. Tag p. p. In der vorliegenden Studie wiesen Färsen sowohl in der Zervix, als auch am Gebärmutterkörper eine höhere prozentuale Rückbildung auf als Kühe. Mit steigender Laktationsanzahl nahm die prozentuale Rückbildung ab. Mit dem Anstieg um eine Laktation nahm die Involutionsgeschwindigkeit der Zervix um 0,25 % ($p = 0,0004$) und des Gebärmutterkörpers um 0,15 % ($p = 0,02$) ab. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits von EL-DIN ZAIN et al. (1995) und HAJURKA et al. (2005) festgestellt. In ihren Studien schlossen Färsen die Uterusinvolution früher ab als Kühe. Nach CANADAS et al. (2019) wiesen Färsen einen kleineren Uterushorn- und Zervixdurchmesser als die Kühe auf. In der Studie von EL-DIN ZAIN et al. (1995) verlängerte sich die Uterusinvolution mit Zunahme des Alters. Ihre Berechnung des Pearson-Korrelations-Koeffizient ergab eine positive Korrelation zwischen der Höhe der Milchleistung und dem Ende der Uterusinvolution. In der von den Autoren zusätzlich durchgeführten Varianz-Kovarianz-Analyse zeigte die Milchleistung jedoch keinen Einfluss auf die Involution, sehr wohl aber die Laktationsanzahl und der Verlauf des Puerperiums.

In der vorliegenden Studie konnte mit der Durchführung des „Partiell hierarchisches linear mixed effects model“ kein statistisch signifikanter Zusammenhang der Milchleistung zur Uterusinvolution festgestellt werden ($p > 0,05$). Die Färsen hatten eine geringere Milchleistung als die Kühe ($p < 0,0001$) und wiesen eine schnellere Uterusinvolution auf. Ein fehlender Einfluss der Milchleistung auf die Involution konnte auch in der Studie von SCULLY et al. (2013) gezeigt werden. Sie stellten zwischen laktierenden Färsen und jenen, die nach der Kalbung trocken gestellt wurden, keinen Unterschied in der uterinen Involution fest. Der Unterschied in der Uterusinvolution von Färsen und Kühen in der vorliegenden Studie beruht daher nicht auf der unterschiedlichen Milchleistung.

Dies lässt die These zu, dass die unterschiedliche Involution zwischen Färsen und Kühen im Altersunterschied bzw. in mit dem Alter gekoppelten Faktoren zu suchen ist.

Mehrlaktierende Tiere weisen ein höheres Risiko auf, während des Puerperiums an einer Stoffwechselstörung zu erkranken. So zeigte die Untersuchung an bayrischen Fleckviehkühen, dass Kühe im Puerperium öfters an einer Produktionskrankheit litten als die Färsen. Die Kühe erkrankten öfters an einer hypokalzämischen Gebärpause, Nachgeburtverhalten, Mastitis, klinischer Ketose und Follikel-Theka-Zysten, als die Färsen (BIJMHOLT et al., 2012). Das Auftreten der verschiedenen Erkrankungen während des Puerperiums kann die uterine Involution verzögern (EL-DIN ZAIN et al., 1995; HAJURKA et al., 2005; HEPPELMANN et al., 2015). Der Unterschied in der Häufigkeit der puerperalen Störungen und deren Einfluss auf die Gebärmutterrückbildung kann als eine Erklärung für die schnellere Involution der Färsen, im Vergleich mit den Kühen gesehen werden.

Dies belegen die Daten aus der eigenen Untersuchung, wo Kühe ein vermehrtes Auftreten von puerperalen Störungen am 42. Tag p. p. als Färsen zeigten. In der vorliegenden Studie wiesen 23,1 % (n = 45) der untersuchten Tiere am 42. Tag p. p. ein gestörtes Puerperium auf, davon waren fünf Färsen (9,4 %) und 40 Kühe (28,2 %) ($p = 0,006$). Aufgrund der geringen Färsenzahl müssen die Ergebnisse jedoch kritisch betrachtet werden. Eine getrennte Betrachtung von Kühen und Färsen wird aufgrund der geringen Fallzahl der Färsen vorgenommen. Daher werden im weiteren Verlauf der Diskussion nur die Kühe herangezogen. Kühe mit einem physiologischen Puerperium zeigten in allen Uterusparametern am 42. Tag p. p. einen signifikant kleineren Durchmesser ($p < 0,05$) als jene mit einem gestörten Puerperium.

Vielfach wurde der negative Einfluss eines gestörten Puerperiums auf die Uterusinvolution nachgewiesen. Puerperale Komplikationen führten in der Studie von HAJURKA et al. (2005) zu einer Verlängerung der Involution von ca. zehn Tagen bei Kühen und Färsen. Wird die Symmetrie der Uterushörner als Parameter der Uterusinvolution herangezogen, schlossen Tiere mit einem physiologischen Puerperium die Involution um ca. sechs Tage früher ab (EL-DIN ZAIN et al., 1995).

Ein Verhalten der Nachgeburt führte zu einer Verzögerung der Uterusinvolution und ist prädisponierend für die Ausbildung von Metritiden und Endometritiden (ROCHE et al.,

2009). Nachgeburtverhalten führte zu einem atonischen Uterus und verzögerte die Involution bis die Plazenta vollständig abgegangen ist (TSOUSIS et al., 2008). TSOUSIS et al. (2008) zeigten, dass Tiere mit einem gestörten Puerperium eine höhere intrauterine Flüssigkeitsansammlung, eine größere Karunkelfläche und eine höhere Echogenität der intrauterinen Flüssigkeit aufwiesen, als jene mit einem ungestörten Puerperium. In der vorliegenden Studie löste sich bei 6,9 % (n = 14) der Tiere die Nachgeburt nicht innerhalb von 12 Stunden nach der Geburt. Von den Tieren mit Nachgeburtverhalten wiesen am 42. Tag p. p. mehr als ein Drittel (n = 5) noch eine Füllung der Gebärmutter bzw. eitrigen Ausfluss auf. Der Anteil von Tieren mit Nachgeburtverhalten liegt im mittleren Inzidenz-Bereich von 6 – 8 % (SHELDON, 2004), unter den Wert von BOSTEDT & MAURER (1990) mit 14,0 % bei Tieren ohne Geburtshilfe und ggr. unter dem Wert von FREICK et al. (2017) mit 7,6 % (n = 148).

Der negative Einfluss von Metritiden und Endometritiden wurden mit einer Verlängerung der Involution in Zusammenhang gestellt (MATEUS et al., 2002; HAJURKA et al., 2005; HEPPELMANN et al., 2015). Die bei der Gebärmutterentzündung freigesetzten Endotoxine steigern die Bildung von PGE₂, welches einen relaxierenden Effekt auf das Myometrium hat, was wiederum zu einer Atonie des Uterus führen kann (HEPPELMANN et al., 2015). In der Studie von HEPPELMANN et al. (2015) zeigten Kühe mit einer Metritis zwischen dem 15. und 21. Tag p. p. einen größeren Uterusdurchmesser als die gesunden Kühe. Auch hatten diese Tiere eine größere Wahrscheinlichkeit für eine Uterusfüllung. In der Studie von MATEUS et al. (2002) zeigten Tiere mit einer schweren Endometritis nach sechs Wochen p. p. einen größeren Durchmesser des Gebärmutterkörpers und wiesen eine vermehrte Füllung auf. Sowohl Färsen als auch Kühe mit einer Metritis oder Endometritis schlossen die Involution später ab. Bis zum 40. Tag p. p. beendeten nur 86,2 % der Färsen und 70,6 % der Kühe die Involution, wohingegen alle gesunden Färsen und 97,1 % der gesunden Kühe bis zu diesem Tag die Involution abschlossen (HAJURKA et al., 2005).

HAJURKA et al. (2005) konnten auch eine Verlängerung der Involution durch das Vorhandensein einer Ovarzyste nachweisen. Zysten führten zu einer ähnlichen Verlängerung der Involution wie eine akute Endometritis.

Zusammenfassend lässt die vorliegende Studie schließen, dass der Unterschied in der uterinen Involution zwischen Färsen und Kühen nicht durch die unterschiedliche Milchleistung erklärt werden kann, sondern durch den Altersunterschied, der eine höhere Anzahl an puerperalen Störungen der Mehrlaktierenden bedingt und die damit einhergehenden reduzierte Involution als möglich erscheint.

Ein gestörtes Puerperium führte in der vorliegenden Studie nicht nur zur Verlängerung der uterinen Involution, sondern führte auch zu einer verminderten Fruchtbarkeitsleistung der Tiere. So konnten die Tiere in der vorliegenden Studie mit einem physiologischen Puerperium durchschnittlich um 19,4 Tage ($p = 0,01$) früher einer weiteren Trächtigkeit zugeführt werden, als jene mit einem gestörten Puerperium. Nachgeburtshaltung, Metritis, Endometritis und Zysten wurden in vorhergehenden Studien als Risikofaktoren für die Fruchtbarkeitsleistung gesehen (GRÖHN & RAJALA-SCHULTZ, 2000; MAIZON et al., 2004; LEBLANC et al., 2002; SHELDON & DOBSON, 2004).

Die sonographische Untersuchung des Uterus wurde bereits von vielen Autoren beschrieben. Bisher fehlten Angaben zur Größe des Uterus von Fleckviehkühen am Ende des Puerperiums. Ein Unterschied zwischen den Fleckviehkühen und Holstein Friesian kann angenommen werden, da z. B. POTHMANN & TICHY (2014) in ihrer Studie zur Rückenfettdicke einen Rassenunterschied zwischen Fleckvieh und Holstein Friesian fanden.

In dieser Arbeit wurde der Uterus systematisch an den Untersuchungstagen mittels Sonographie vermessen und die Größe dokumentiert. Die erhobenen Daten können genutzt werden, um am 42. Tag p. p. eine Aussage über den Gesundheitsstatus des Uterus zu treffen. Dazu wurden die Tiere 42. Tag p. p. in eine Gruppe mit gestörtem oder physiologischem Puerperium eingeteilt und als Referenzbereich der Mittelwert des

Durchmessers mit Standardabweichung gewählt. Die niedrige Stückzahl ($n = 5$) bei den Färsen mit gestörtem Puerperium lässt keine relevante Aussage zu, sodass nur die entsprechenden Werte für Kühe errechnet wurden. Von den Kühen wiesen 102 Tiere ein physiologisches Puerperium auf. Die Referenzbereiche dieser Tiere wurden in Tabelle 45 aufgelistet und in Abbildung 10 zusammen mit den Kühen, welche ein gestörtes Puerperium aufwiesen, dargestellt.

Liegen Kühe am 42. Tag p. p. in diesem Referenzbereich kann mit einer großen Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die Kühe eine physiologische Uterusinvolution zeigen. Diese Aussage begründet sich in der Tatsache, dass die durchschnittlichen Durchmesser der untersuchten Abschnitte der Gebärmütter von Kühen mit einem physiologischen Puerperium allesamt statistisch kleiner waren, als jene mit einem gestörten Puerperium.

Diese Referenzbereiche können zur Beurteilung der Involution am 42. Tag p. p. herangezogen werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Referenzbereiche aufgrund der geringen Anzahl der Tiere nicht als endgültig zu interpretieren sind. Es sollte eine größere Tierzahl in einer Folgestudie erfasst werden.

5.4 Schlussfolgerung für die Praxis

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie kann die Anwendung von eCG im Frühpuerperium als eine standardisierte Behandlung im Zuge der Bestandsbetreuung nicht empfohlen werden, da die Applikation nicht die erwartete Wirkung auf den Uterus erzielt hatte. Der Einsatz von Hormonen in der Viehwirtschaft wird in der heutigen Gesellschaft sehr kritisch gesehen. Auch sollte vom ethischen Standpunkt aus die Gewinnung des eCG aus dem Blut trächtiger Stuten hauptsächlich in den südamerikanischen Ländern berücksichtigt werden.

Die anfänglich in der Literatur dokumentierten positiven Folgen eines eCG-Einsatzes im Puerperium beim Rind konnten in neueren Arbeiten einschließlich der vorliegenden nicht bestätigt werden.

Die erhobenen Referenzwerte der Uterus- und Zervixdurchmesser können in der tierärztlichen Praxis verwendet werden, sodass in der 6. Woche p. p. eine Aussage über den Uterus getroffen werden kann.

6 Zusammenfassung

Der puerperale Zeitraum legt die Grundlage für die nächste Trächtigkeit. Erkrankungen des Uterus in diesem Zeitraum können die Uterusinvolution beeinträchtigen und die Fruchtbarkeit der Rinder vermindern. Zur Beschleunigung der Involution und Verbesserung der Fruchtbarkeit wurde in der Vergangenheit mehrfach der Einsatz von Hormonen im Puerperium untersucht. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss einer eCG–Applikation im Frühpuerperium auf den Verlauf des Puerperiums und die Fruchtbarkeit von Fleckviehkühen analysiert.

Dazu wurden 203 Tiere der Rasse Fleckvieh in die Studie aufgenommen. 57 der Tiere waren Färsen, 146 Kühe. Den Tieren wurde am 10. Tag p. p. 500 I. E. eCG (n = 67), 50 µg GnRH (n = 68) oder 2,5 ml Catosal (n = 68) intramuskulär verabreicht. Die Tiere wurden am 10. Tag, 25. Tag und 42. Tag p. p. klinisch untersucht, die Rückenfettdicke sonographisch gemessen und das Vorliegen von vaginalem Ausfluss erhoben. An den Untersuchungstagen wurde der Uterus und das Ovar sonographisch vermessen. Die Tiere wurden bis zur erfolgreichen Trächtigkeit oder Ausscheiden aus dem Betrieb verfolgt. Um die Fruchtbarkeitsleistung der Tiere zu vergleichen wurde von allen Tieren der Besamungsindex, Rast- und Gützeit berechnet. Weiterhin wurde die Milchleistung der ersten 100 Laktationstage erhoben.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- Die Gabe von eCG führte zum gehäuften Nachweis von Ovarialzysten am 25. Tag p. p. ($p = 0,04$).
- Die Applikation von eCG führte zu einer schnelleren Involution der Zervix vom 25. bis zum 42. Tag p. p. ($p = 0,009$).
- Die Färsen zeigten über den Untersuchungszeitraum eine schnellere Involution der Zervix ($p = 0,005$) und des Gebärmutterkörpers ($p = 0,01$) im Vergleich zu den Kühen.
- Die Kühe wiesen häufiger ein gestörtes Puerperium auf als die Färsen ($p = 0,006$) und wurden später trächtig ($p = 0,04$)

- Die Kühe zeigten in den ersten 100 Laktationstagen eine höhere Milchleistung als Färsen ($p < 0,0001$)
- Tiere mit einem physiologischen Puerperium zeigten am 42. Tag p. p. folgende relevanten Ergebnisse:
 - o geringerer Zervixdurchmesser ($p = 0,0009$)
 - o geringerer Gebärmutterdurchmesser ($p = 0,0002$)
 - o geringerer Durchmesser der Uterushörner ($p < 0,05$)
- Tiere mit einem physiologischen Puerperium hatten eine kürzere Gützeit ($p = 0,01$)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Gabe von eCG im Frühpuerperium zu einem erhöhten Auftreten von Ovarialzysten führt. Eine relevante Beschleunigung der puerperalen Involution konnte nicht erreicht werden. Die Uterusinvolution wurde durch die Laktationszahl und dem puerperalen Verlauf beeinflusst. Hingegen hatte die Milchleistung und die Abnahme der Rückenfettdicke keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Uterusinvolution. Die sonographische Messung des Gebärmutterdurchmessers kann zur Unterscheidung von Tieren mit gestörtem oder physiologischem Puerperium herangezogen werden.

7 Summary

The puerperal period is essential for the next pregnancy. Uterine infections during this period lead to an extension of the uterine involution and reduces the fertility of cattle. The present study investigated the influence of an eCG application on the puerperium and the fertility of Austrian Fleckvieh cattle.

For this purpose, 203 Austrian Fleckvieh cows were included in this study. 57 of them were heifers and 146 were cows. On day 10 p. p. the cattle received an intra muscular injection of either 500 I.U. eCG (n = 67), 50 µg GnRH (n = 68) or 2.5 ml Catosal (n = 68). The cows were clinically examined on day 10, 25 and 42 p. p., measured the back fat thickness by ultrasound and the presence of vaginal discharge was monitored. Ultrasonographic examination of the uterus and ovary were performed on each examination day. The cows observed followed until their next pregnancy or their culling. To compare the reproductive performance, the interval from calving to first insemination, the interval from calving to the first pregnancy day and the insemination index were calculated. Moreover, the milk yield during the first 100 days in milk were measured.

This study contains the following relevant results:

- The application of eCG induced an increase of ovarian cysts on day 25 p. p. ($p = 0.04$).
- The eCG application accelerated the cervical involution from day 25 to day 42 p. p. ($p = 0.009$).
- Compared to cows, the heifers showed a quicker cervical involution ($p = 0.005$) and involution of the corpus uteri ($p = 0.01$).
- Cows more often develop a disturbed puerperium than heifers ($p = 0.006$) and had a longer calving to conception interval ($p = 0.04$)
- The milk yield of the first 100 days of cows was higher ($p < 0.0001$)
- Cows with an undisturbed puerperium showed the following relevant results:
 - o smaller cervical diameter ($p = 0.0009$)
 - o smaller diameter of the corpus uteri ($p = 0.0002$)
 - o smaller diameter of the uterine horns ($p < 0.05$)

- Cows with an undisturbed puerperium showed a shorter calving to conception interval ($p = 0.01$)

In summary application of eCG in the early puerperium increases the number of cows with ovarian cysts. A relevant increase of the puerperal involution process was not achieved. The number of lactation and the puerperal condition influenced the uterine involution, whereas the milk yield and the loss of body condition didn't. The sonography of the uterine diameters can be used to distinguish between a normal and an abnormal puerperium.

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur Gesamtdauer des Puerperiums beim Rind nach verschiedenen Autoren.....	12
Tabelle 2: Klinische Parameter mit den physiologischen Grenzwerten	27
Tabelle 3: Pansenfüllungs-Score nach ZAAIJER & NOORDHUIZEN (2003).....	29
Tabelle 4: Beurteilungsschlüssel zur indirekten Zellzahlbestimmung mithilfe des CMT .29	
Tabelle 5: Lahmheitsscoring-System für Rinder (SPRECHER et al., 1997).....	30
Tabelle 6: Schlüssel zur Dokumentation gynäkologischer Befunde (BAUMGARTNER et al., 2009)	32
Tabelle 7: Einteilung des Inhaltes am Corpus Uteri.....	33
Tabelle 8: Einteilung der Metritiden nach SHELDON et al. (2006).....	36
Tabelle 9: Fruchtbarkeitskennzahlen nach DE KRUIF (2014).....	36
Tabelle 10: Parameter, die ein gesundes Genital der Fleckviehkühe beschreiben.	37
Tabelle 11: Angewandte statistische Methoden	39
Tabelle 12: Zahlenmäßige Verteilung der Tiere nach Betrieben	41
Tabelle 13: Aufteilung der Tiere nach Behandlungsgruppen.....	42
Tabelle 14: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm	43
Tabelle 15: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm.....	43
Tabelle 16: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm.....	45
Tabelle 17: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p. in cm.....	45
Tabelle 18: Grad des vaginalen Ausfluss bei Fleckviehkühen am 10. Tag p. p.	46
Tabelle 19: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm	47
Tabelle 20: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm.....	48

Tabelle 21: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm.....	50
Tabelle 22: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p. in cm.....	50
Tabelle 23: Vaginaler Ausfluss bei Fleckviehkühen am 25. Tag p. p.	51
Tabelle 24: Anzahl der Gelbkörper am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen	53
Tabelle 25: Sonographisch gemessener Durchmesser der Zervix bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm	54
Tabelle 26: Sonographisch gemessener Durchmesser des Uteruskörper bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm.....	54
Tabelle 27: Sonographisch gemessener Durchmesser des linken Uterushorns bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm.....	56
Tabelle 28: Sonographisch gemessener Durchmesser des rechten Uterushorn bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. in cm.....	56
Tabelle 29: Vaginaler Ausfluss bei Fleckviehkühen am 42. Tag p. p.	57
Tabelle 30: Anzahl der Gelbkörper am 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen	59
Tabelle 31: Milchleistung der Tiere bis zum 100. Laktationstag in kg.....	59
Tabelle 32: Relative Rückbildung der Zervix von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %	60
Tabelle 33: Relative Rückbildung der Zervix vom 10. bis zum 42. Tag p. p. von Fleckviehkühen in %	61
Tabelle 34: Einflussfaktoren auf die Zervixinvolution und ihre statistische Signifikanz...	62
Tabelle 35: Relative Rückbildung des Gebärmutterkörpers von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %.....	64
Tabelle 36: Relative Rückbildung des Gebärmutterkörpers vom 10. bis zum 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen	64
Tabelle 37: Einflussfaktoren auf die Rückbildung des Gebärmutterkörpers und ihre statistische Signifikanz	65

Tabelle 38: Relative Rückbildung des rechten Uterushorns von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 25. Tag p. p. in %.....	66
Tabelle 39: Relative Rückbildung des rechten Uterushorns von Fleckviehkühen vom 10. bis zum 42. Tag p. p. in %.....	67
Tabelle 40: Einflussfaktoren auf die Rückbildung des rechten Uterushorns.....	67
Tabelle 41: Durchmesser der Zervix von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.	68
Tabelle 42: Durchmesser des Gebärmutterkörpers von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.	69
Tabelle 43: Durchmesser des rechten Horns von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.	69
Tabelle 44: Durchmesser des linken Horns von Fleckviehkühen mit gestörtem oder physiologischem Puerperium am 42. Tag p. p.	70
Tabelle 45: Referenzbereiche für den ultrasonographisch gemessenen Durchmesser von Zervix und Uterus für Fleckviehkühen mit einem physiologischen Puerperium am 42. Tag p. p. in cm (n = 102).....	71
Tabelle 46: Anzahl der Besamungen bis zur erfolgreichen Trächtigkeit.....	72
Tabelle 47: Rastzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit zur puerperalen Behandlung in Tagen.....	73
Tabelle 48: Günstzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit zur puerperalen Behandlung in Tagen.....	74
Tabelle 49: Fruchtbarkeitsstörungen am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen	75
Tabelle 50: Fruchtbarkeitsstörungen am 42. Tag p. p. bei Fleckviehkühen	75
Tabelle 51: Rastzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit des puerperalen Verlaufes in Tagen.....	76
Tabelle 52: Günstzeit von Fleckviehkühen in Abhängigkeit des puerperalen Verlaufes in Tagen.....	76
Tabelle 53: Einteilung der Abgänge nach Krankheitsursachen	77
Tabelle 54: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 10. Tag p. p. in cm	78

Tabelle 55: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 25. Tag p. p. in cm	79
Tabelle 56: Sonographisch gemessene Rückenfettdicke am 42. Tag p. p. in cm	79

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitliche Verlauf der Untersuchungen	26
Abbildung 2: Darstellung des Ovars: Dominanter Follikel (A), Ovar mit Follikel in Anbildung (B), Gelbkörperzyste (C), Blütegelbkörper (D).....	35
Abbildung 3: Grad der Uterusfüllung am 10. Tag p. p. bei Fleckviehkühen (Färsen = 57; Kühe = 146)	44
Abbildung 4: Verteilung der Uterusfüllung am 25. Tag p. p. bei Fleckviehkühen (Färsen = 56; Kühe = 144)	49
Abbildung 5: Größe der Follikel bei Fleckviehkühen (n = 200) nach Behandlungsgruppen am 25. Tag p. p.	52
Abbildung 6: Füllung des Corpus uteri von Fleckviehkühen (Färsen = 53; Kühe = 142) am 42. Tag p. p.	55
Abbildung 7: Größe der Follikel bei Fleckviehkühen (n = 195) nach Behandlungsgruppen am 42. Tag p. p.	58
Abbildung 8: Relative Rückbildung der Zervix von Fleckviehkühen (n = 195) vom 10. bis zum 42. Tag p. p., dargestellt als Mittelwert und Standardabweichung	62
Abbildung 9: Prozentuale Zervixinvolution von Fleckviehkühen bis zum 42. Tag p. p. in Abhängigkeit ihrer Laktationsanzahl (n = 195)	63
Abbildung 10: Mittelwert \pm SD von Zervix, Corpus und Uterushörner von Fleckviehkühen am 42. Tag p. p. mit physiologischem (n = 102 ■) oder gestörtem (n = 40 □) Puerperium.....	71
Abbildung 11: Verlauf der Rückenfettdicke bei Fleckviehkühen bis zum 42. Tag p. p.	80

10 Literaturverzeichnis

- BAEZ, G.M., BARLETTA, R.V., GUENTHER, J.N., GASKA, J.M., and WILTBANK, M.C. (2015): Effect of Uterine Size on Fertility of Lactating Dairy Cows. *Theriogenology*, **85**, 1357–1366.
- BARUSELLI, P.S., FERREIRA, R.M., SALES, J.N.S., GIMENES, L.U., SÁ FILHO, M.F., MARTINS, C.M., RODRIGUES, C.A. and BÓ, G.A. (2011): Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*, **76**, 1583–1593.
- BAUMGARTNER, W., SCHUSSER, G., SCHUH, M., CHRISTEN, C., GAULY, M., PEES, M., KÖLLE, P. and MORITZ, A. (2009): Allgemeiner klinischer Untersuchungsgang. In: BAUMGARTNER W. (ed.): *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*; 7. Auflage, Parey, 43–214.
- BEZERRA MOURA, C.E., RIGOGGIO, N.N., BRAZ, J.K.F.S., MACHADO, M., BARUSELLI, P.S. and CARVALHO PAPA, P. (2015): Microvascularization of corpus luteum of bovine treated with equine chorionic gonadotropin. *Microscopy Research and Technique*, **78**, 747–753.
- BIJMHOLT, S., MÜLLER, K., LEIDING, C., HOEDEMAKER, M., BOLLWEIN, H. and KASKE, M. (2012): Laktationsinzidenzen von Produktionskrankheiten bei Fleckviehkühen in sechs bayerischen Milchviehbetrieben. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere - Nutztiere*, **40**, 347–358.
- BÓ, G.A. and MAPLETOFT, R.J. (2014): Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle. *Theriogenology*, **81**, 38–48.
- BOSTEDT, H. and MAURER, G. (1990): Beziehungen zwischen gynäkologischer Überwachungsintensität in der Post-partum-Periode und Fertilitätsresultat in Milchkuhbeständen. *Tierärztliche Praxis*, **18**, 449–457.
- BOSTEDT, H., PECHE, E. and STROBL, K. (1980): Zur Auswirkung frühzeitig post

partum verabreichter GnRH-Gaben auf Puerperalverlauf und Konzeptionsergebnis bei Kühen nach Retentio secundinarum. Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift, **93**, 184–188.

CANADAS, E.R., LONERGAN, P. and BUTLER, S.T. (2019): Effect of equine chorionic gonadotropin administration on day 8 post-partum on ovarian follicular development, uterine health and uterine involution in lactating dairy cows. Theriogenology, **123**, 54–61.

CROWE, M.A., DISKIN, M.G. and WILLIAMS, E.J. (2014): Parturition to resumption of ovarian cyclicity: Comparative aspects of beef and dairy cows. Animal, **8**, 40–53.

DARWASH, A.O., LAMMING, G.E. and WOOLLIAMS, J.A. (1997): Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. Journal of Dairy Science, **80**, 1227–1234.

DIELEMAN, S.J., BEVERS, M.M., VOS, P.L.A.M. and LOOS, F.A.M. (1993): PMSG/anti-PMSG in cattle: A simple and efficient superovulatory treatment? Theriogenology, **39**, 25–41.

DIELEMAN, S.J., BEVERSR, M.M., WURTH, Y.A., GIELEN, J.T. and WILLEMSE, A.H. (1989): Improved embryo yield and condition of donor ovaries in cows after PMSG superovulation with monoclonal anti-PMSG administered shortly after the preovulatory LH peak. Theriogenology, **31**, 473–487.

DIXON, W.J. (1993): BMDP Statistical Software Manual, Volume 1 and 2. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.

DORNELES TORTORELLA, R., FERREIRA, R., TONELLOTTO DOS SANTOS, J., SILVEIRA DE ANDRADE NETO, O., BARRETA, M.H., OLIVEIRA, J.F., GONÇALVES, P.B. and PEREIRA NEVES, J. (2013): The effect of equine chorionic gonadotropin on follicular size, luteal volume, circulating progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrous beef cows treated with a novel

- fixed-time artificial insemination protocol. *Theriogenology*, **79**, 1204–1209.
- EL-DIN ZAIN, A., NAKAO, T., ABDEL RAOUF, M., MORIYOSHI, M., KAWATA, K. and MORITSU, Y. (1995): Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **38**, 203–214.
- EULENBERGER, K. (2009): Puerperium. In: BUSCH, W., SCHULZ, J. (eds.): *Geburtshilfe bei Haustieren*; 1. Auflage, Stuttgart, Enke, 239–241.
- FERREIRA, R.M., AYRES, H., SALES, J.N.S., SOUZA, A.H., RODRIGUES, C.A. and BARUSELLI, P.S. (2013): Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *Animal Reproduction Science*, **140**, 26–33.
- FREICK, M., PASSARGE, O. and WEBER, J. (2017): Lack of effects of an equine chorionic gonadotropin (eCG) administration between days 9 and 15 postpartum on reproductive performance in a Holstein dairy herd. *Reproduction in Domestic Animals*, **52**, 429–436.
- FRICKE, P.M. (2002): Scanning the Future - Ultrasonography as a Reproductive Management Tool for Dairy Cattle¹. *Journal of Dairy Science*, **85**, 1918–1926.
- GARCIA-ISPIERTO, I., LÓPEZ-HELGUERA, I., MARTINO, A. and LÓPEZ-GATIUS, F. (2012): Reproductive performance of anoestrous high-producing dairy cows improved by adding equine chorionic gonadotrophin to a progesterone-based oestrous synchronizing protocol. *Reproduction in Domestic Animals*, **47**, 752–758.
- GARCIA-ISPIERTO, I. and LÓPEZ-GATIUS, F. (2013 a): A three-day PGF_{2α} plus eCG-based fixed-time AI protocol improves fertility compared with spontaneous estrus in dairy cows with silent ovulation. *The Journal of Reproduction and Development*, **59**, 393–397.
- GARCIA-ISPIERTO, I., ROSELLÓ, M.A., RENSIS, F.D.E. and LÓPEZ-GATIUS, F. (2013 b): A five-day progesterone plus eCG-based fixed-time AI protocol cows

- under heat stress. *Journal of Reproduction and Development*, **59**, 544–548.
- GAUTAM, G., NAKAO, T., YAMADA, K. and YOSHIDA, C. (2010): Defining delayed resumption of ovarian activity postpartum and its impact on subsequent reproductive performance in Holstein cows. *Theriogenology*, **73**, 180–189.
- GRÖHN, Y.T. and RAJALA-SCHULTZ, P.J. (2000): Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **60–61**, 605–614.
- GRUNERT, E. (1993): Das normale Puerperium. In: RICHTER, J., GRUNERT, E. (eds.): *Tiergeburtschilfe*, 4. Auflage, Berlin, Parey, 105–109.
- GÜMEN, A. and SEGUIN, B. (2003): Ovulation rate after GnRH or PGF2 α administration in early postpartum dairy cows. *Theriogenology*, **60**, 341–348.
- HAJURKA, J., MACÁK, V. and HURA, V. (2005): Influence of health status of reproductive organs on uterine involution in dairy cows. *Bull Vet Inst Pulawi*, **49**, 53–58.
- HEPPELMANN, M., KRACH, K., KRUEGER, L., BENZ, P., HERZOG, K., PIECHOTTA, M., HOEDEMAKER, M. and BOLLWEIN, H. (2015): The effect of metritis and subclinical hypocalcemia on uterine involution in dairy cows evaluated by sonomicrometry. *The Journal of Reproduction and Development*, **61**, 565–9.
- HOEDEMAKER, M., MANSFELD, R., DE KRUIF, A. and HEUWIESER, W. (2014): Fruchtbarkeit. In: DE KRUIF, A., MANSFELD, R., HOEDEMAKER, M. (eds.): *Tierärztliche Bestandsbetreuung*, 3. Auflage, Enke Verlag, 46–90.
- HUSSEIN, F.M. and EILTS, B.E. (1992): Effect of repeated injections of GnRH on reproductive anestrous dairy cows. *Theriogenology*, **37**, 605–617.
- JANOWSKI, T., ZDUŃCZYK, S. and MWAANGA, E.S. (2001): Combined GnRH and PGF2 α application in cows with endometritis puerperalis treated with antibiotics. *Reproduction in Domestic Animals*, **36**, 244–246.

- KADIVAR, A., AHMADI, M.R. and VATANKHAH, M. (2014): Associations of prepartum body condition score with occurrence of clinical endometritis and resumption of postpartum ovarian activity in dairy cattle. *Tropical Animal Health and Production*, **46**, 121–126.
- KAFI, M., MIRZAEI, A., TAMADON, A. and SAEB, M. (2012): Factors affecting the occurrence of postpartum prolonged luteal activity in clinically healthy high-producing dairy cows. *Theriogenology*, **77**, 421–429.
- KÄHN, W. (1997): Ultraschalldiagnostik an Uterus, Fetus und Ovarien. In: BRAUN, U. (ed.): *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind*, Parey, Berlin, Blackwell Wissenschafts-Verlag, 207–226.
- KAMIMURA, S., OHGI, T., TAKAHASHI, M. and TSUKAMOTO, T. (1993): Postpartum Resumption of Ovarian Activity and Uterine Involution Monitored by Ultrasonography in Holstein Cows. *The Journal Of Veterinary Medical Science*, **55**, 643–647.
- KAWASHIMA, C., KANEKO, E., AMAYA MONTOYA, C., MATSUI, M., YAMAGISHI, N., MATSUNAGA, N., ISHII, M., KIDA, K., MIYAKE, Y.-I. and MIYAMOTO, A. (2006): Relationship between the first ovulation within three weeks postpartum and subsequent ovarian cycles and fertility in high producing dairy cows. *The Journal Of Reproduction And Development*, **52**, 479–486.
- KRUEGER, L., KOERTE, J., TSOUSIS, G., HERZOG, K., FLACHOWSKY, G. and BOLLWEIN, H. (2009): Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow during the first 12 weeks after parturition in healthy dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **114**, 23–31.
- LEBLANC, S.J., DUFFIELD, T.F., LESLIE, K.E., BATEMAN, K.G., KEEFE, G.P., WALTON, J.S. and JOHNSON, W.H. (2002): Defining and Diagnosing Postpartum Clinical Endometritis and its Impact on Reproductive Performance in Dairy Cows.

Journal of Dairy Science, **85**, 2223–2236.

- LINDELL, J.O., KINDAHL, H., JANSSON, L. and EDQVIST, L.E. (1982): Post-partum release of prostaglandin F₂ α and uterine involution in the cow. *Theriogenology*, **17**, 237–245.
- LOOS, F.A.M., DE BEVERS, M.M., DIELEMAN, S.J. and KRUIP, T.A.M. (1991): Follicular and oocyte maturation in cows treated for superovulation. *Theriogenology*, **35**, 537–546.
- LUCY, M.C., STAPLES, C.R., THATCHER, W.W., ERICKSON, P.S., CLEALE, R.M., FIRKINS, J.L., CLARK, J.H., MURPHY, M.R. and BRODIE, B.O. (1992): Influence of diet composition, dry-matter intake, milk production and energy balance on time of post-partum ovulation and fertility in dairy cows. *Animal Production*, **54**, 323–331.
- MAIZON, D.O., OLTENACU, P.A., GRÖHN, Y.T., STRAWDERMAN, R.L. and EMANUELSON, U. (2004): Effects of diseases on reproductive performance in Swedish Red and White dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, **66**, 113–126.
- MATEUS, L., LOPES DA COSTA, L., BERNARDO, F. and ROBALO SILVA, J. (2002): Influence of puerperal uterine infection on uterine involution and postpartum ovarian activity in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, **37**, 31–35.
- MEINECKE, B. (2010): Reproduktion bei weiblichen Haussäugetieren. In: ENGELHARDT, W., VON BREVES, G. (eds.): *Physiologie der Haustiere*, 3. Auflage, Stuttgart, Enke Verlag, 535–560.
- MIZRACHI, D. and SHEMESH, M. (1999): Expression of functional luteinising hormone receptor and its messenger ribonucleic acid in bovine cervix: Luteinising hormone augmentation of intracellular cyclic AMP, phosphate inositol and cyclooxygenase. *Molecular and Cellular Endocrinology*, **157**, 191–200.
- MONA E PINTO, J., PAVANELO, V., ALVES DE FÁTIMA, L., MEDEIROS DE CARVALHO SOUSA, L.M., PACHECO MENDES, G., MACHADO FERREIRA, R.,

- AYRES, H., SAMPAIO BARUSELLI, P., PALMA RENNÓ, F. and CARVALLO PAPA, P., (2014): Treatment with ecg decreases the vascular density and increases the glandular density of the bovine uterus. *Reproduction in Domestic Animals*, **49**, 453–462.
- MURPHY, B.D. (2012): Equine chorionic gonadotrophin: an enigmatic but essential tool. *Animal Reproduction*, **9**, 223–230.
- MURPHY, B.D. and MARTINUK, S.D. (1991): Equine chorionic gonadotropin. *Endocrine Reviews*, **12**, 27–44.
- NOAKES, D. (2009): The puerperium. In: NOAKES, D., PRAKINSON, T., ENGLAND, G. (eds.): *Veterinary Reproduction and Obstetrics*, 9 th, Edinburgh, Saunders Elsevier, 194–208.
- OKANO, A. and TOMIZUKA, T. (1987): Ultrasonic observation of postpartum uterine involution in the cow. *Theriogenology*, **27**, 369–376.
- OPSOMER, G., GRÖHN, Y.T., HERTL, J., CORYN, M., DELUYKER, H. and DE KRUIF, A. (2000): Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: A field study. *Theriogenology*, **53**, 841–857.
- PACALA, N., CORIN, N., BENCSIK, I., DRONCA, D., CEAN, A., BOLEMAN, A., CARAB, V. and PAPP, S. (2010): Stimulation of the Reproductive Functions at Acyclic Cows by Ovsynch and PRID / eCG. *Animal Science and Biotechnologies*, **43**, 317–320.
- PATRON-COLLANTES, R., LOPEZ-HELGUERA, I., PESANTEZ-PACHECO, J.L., SEBASTIAN, F., FERNÁNDEZ, M., FARGAS, O. and ASTIZ, S. (2017): Early postpartum administration of equine chorionic gonadotropin to dairy cows calved during the hot season: Effects on fertility after first artificial insemination. *Theriogenology*, **92**, 83–89.
- PETER, A.T., VOS, P.L.A.M. and AMBROSE, D.J. (2009): Postpartum anestrus in dairy

- cattle. *Theriogenology*, **71**, 1333–1342.
- POTHMANN, H. and TICHY, A. (2014): Back fat thickness throughout lactation for Austrian Simmental cows – a reference curve. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, **101**, 206–213.
- PULLEY, S.L., WALLACE, L.D., MELLIEON, H.I. and STEVENSON, J.S. (2013): Ovarian characteristics, serum concentrations of progesterone and estradiol, and fertility in lactating dairy cows in response to equine chorionic gonadotropin. *Theriogenology*, **79**, 127–134.
- REIST, M., KOLLER, A., BUSATO, A., KUPFER, U. and BLUM, J.W. (2000): First ovulation and ketone body status in the early postpartum period of dairy cows. *Theriogenology*, **54**, 685–701.
- RENSIS, F., DE and LOPEZ-GATIUS, F. (2014): Use of equine chorionic gonadotropin to control reproduction of the dairy cow: A review. *Reproduction in Domestic Animals*, **49**, 177–182.
- RIGOGLIO, N.N., FÁTIMA, L.A., HANASSAKA, J.Y., PINTO, G.L., MACHADO, A.S.D., GIMENES, L.U., BARUSELLI, P.S., RENNÓ, F.P., MOURA, C.E.B., WATANABE, I.,S. and PAPA, P.C. (2013): Equine chorionic gonadotropin alters luteal cell morphologic features related to progesterone synthesis. *Theriogenology*, **79**, 673–679.
- ROCHE, J.F. (2006): The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science*, **96**, 282–296.
- ROCHE, J.R., FRIGGENS, N.C., KAY, J.K., FISHER, M.W., STAFFORD, K.J. and BERRY, D.P. (2009): Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of dairy science*, **92**, 5769–5801.
- ROSTAMI, B., NIASARI-NASLAJI, A., VOJGANI, M., NIKJOU, D., AMANLOU, H. and GERAMI, A. (2011): Effect of eCG on early resumption of ovarian activity in

- postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **128**, 100–106.
- SANTOS, J.E.P., RUTIGLIANO, H.M. and FILHO, M.F.S. (2009): Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **110**, 207–221.
- SARTORI, R., HAUGHIAN, J.M., SHAVER, R.D., ROSA, G.J.M. and WILTBANK, M. (2004): Comparison of Ovarian Function and Circulating Steroids in Estrous Cycles of Holstein Heifers and Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, **87**, 905–920.
- SAUMANDE, J., PROCUREUR, R. and CHUPIN, D. (1984): Effect of injection time of anti-PMSG antiserum on ovulation rate and quality of embryos in superovulated cows. *Theriogenology*, **21**, 727–731.
- SAVIO, J.D., BOLAND, M.P., HYNES, N. and ROCHE, J.F. (1990 a): Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, **88**, 569–579.
- SAVIO, J.D., BOLAND, M.P. and ROCHE, J.F. (1990 b): Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, **88**, 581–591.
- SCHALLENBERGER, E. (2009): Neuroendokrine Regulation der Fortpflanzung. In: BUSCH, W., SCHULZ, J. (eds.): *Geburtshilfe bei Haustieren*, 1. Auflage, Stuttgart, Enke, 35–55.
- SCULLY, S., MAILLO, V., DUFFY, P., KELLY, A.K., CROWE, M.A., RIZOS, D. and LONERGAN, P. (2013): The effect of lactation on post-partum uterine involution in holstein dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, **48**, 888–892.
- SHARIFABAD, M.K. (2017): Einsatz von equinem Choriogonadotropin (eCG) beim Rind post partum zur Förderung der Ovaraktivität. *Dissertation med. vet.*, Giessen.
- SHELDON, I.M., NOAKES, D.E. and DOBSON, H. (2000): The influence of ovarian

- activity and uterine involution determined by ultrasonography on subsequent reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, **54**, 409–419.
- SHELDON, I.M. and DOBSON, H. (2000): Effect of administration of eCG to postpartum cows on folliculogenesis in the ovary ipsilateral to the previously gravid uterine horn and uterine involution. *Journal of Reproduction and Fertility*, **119**, 157–163.
- SHELDON, I.M. and DOBSON, H. (2004): Postpartum uterine health in cattle. *Animal Reproduction Science*, p. 295–306.
- SHELDON, I.M. (2004): The postpartum uterus. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, **20**, 569–591.
- SHELDON, I.M., LEWIS, G.S., LEBLANC, S. and GILBERT, R.O. (2006): Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*, **65**, 1516–1530.
- SHEMESH, M. (2001): Actions of gonadotrophins on the uterus. *Reproduction*, **121**, 835–842.
- SHEMESH, M., MIZRACHI, D., GUREVICH, M., STRAM, Y., SHORE, L.S. and FIELDS, M.J. (2001): Functional importance of bovine myometrial and vascular LH receptors and cervical FSH receptors. *Seminars in reproductive medicine*, **19**, 87–96.
- SHRESTHA, H.K., NAKAO, T., HIGAKI, T., SUZUKI, T. and AKITA, M. (2004): Resumption of postpartum ovarian cyclicity in high-producing Holstein cows. *Theriogenology*, **61**, 637–649.
- SILVESTRE, F.T., BARTOLOME, J.A., KAMIMURA, S., ARTECHE, A.C., PANCARCI, S.M., TRIGG, T. and THATCHER, W.W. (2009 a): Postpartum suppression of ovarian activity with a Deslorelin implant enhanced uterine involution in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **110**, 79–95.
- SILVESTRE, F.T., RISCO, C.A., LOPEZ, M., SÁ, M.J.S., BILBY, T.R. and THATCHER, W.W. (2009 b): Use of increasing doses of a degradable Deslorelin implant to

- enhance uterine involution in postpartum lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **116**, 196–212.
- SPRECHER, D.J., HOSTETLER, D.E. and KANEENE, J.B. (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, **47**, 1179–1187.
- STATISTIKSOFTWARE, R, Statistiksoftware R (Free Software Foundation's GNU project, offizielle Homepage: <http://www.r-project.org>).
- STAUFENBIEL, R. (1997): Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonografischen Rückenfettdickenmessung. *Praktischer Tierarzt*, **78**, 87–92.
- STEVENSON, J.S. and CALL, E.P. (1988): Fertility of postpartum dairy cows after administration of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F2 α : A field trial. *Journal of Dairy Science*, **71**, 1926–1933.
- TANAKA, T., ARAI, M., OHTANI, S., UEMURA, S., KUROIWA, T., KIM, S. and KAMOMAE, H. (2008): Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **108**, 134–143.
- TSOUSIS, G., HERZOG, K., BITTER, J., KRÜGER, L. and BOLLWEIN, H. (2008): Sonographische Beurteilung des Uterus bei Holstein-Friesian Kühen ohne und mit Puerperalstörungen in den ersten 14 Tagen post partum. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, **121**, 78–85.
- VOJGANI, M., AKBARINEJAD, V. and NIASARI-NASLAJI, A. (2013): Administration of eCG on day 6 postpartum could enhance reproductive performance of Holstein dairy cows. *Animal Reproduction Science*, **138**, 159–162.
- WANG, H., WU, M., PATT, D., MURPHY, B.D. and MAPLETOFT, R.J. (1988): Superovulation in beef heifers with PMSG: Effect of dose and monoclonal antibodies to PMSG. *Theriogenology*, **29**, 323.

- WANG, H., WU, M., XU, K., HAGELE, W.C. and MAPLETOFT, R.J. (1987): Control of superovulation in the cow with a PMSG antiserum. *Theriogenology*, **27**, 291.
- WEHREND, A. and BOSTEDT, H. (2004): Zusammenhang zwischen Involution der Zervix und des Uterus beim Rind in den ersten 10 Tagen post partum. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*. 99–102.
- WEHREND, A., FAILING, K. and BOSTEDT, H. (2003): Cervimetry and ultrasonographic observations of the cervix regression in dairy cows during the first 10 days post partum. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, **50**, 470–473.
- ZAAIJER, D. and NOORDHUIZEN, J.P.T.M. (2003): A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. *Irish Veterinary Journal*, **56**, 145–151.
- ZAREMBA, W. (1990): Postpartale Stadien beim Rind. In: Richter J., Götze R. (eds.): *Tiergeburtsilfe*, 4. Auflage, Parey, 107.
- ZHANG, J., DENG, L.X., ZHANG, H.L., HUA, G.H., HAN, L., ZHU, Y., MENG, X.J. and YANG, L.G. (2010): Effects of parity on uterine involution and resumption of ovarian activities in postpartum Chinese Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **93**, 1979–1986.
- ZHENG, M., SHI, H., SEGALOFF, D.L. and VAN VOORHIS, B.J. (2001): Expression and localization of luteinizing hormone receptor in the female mouse reproductive tract. *Biology of Reproduction*, **64**, 179–187.

11 Danksagung

In erster Linie gilt mein Dank meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Axel Wehrend. Er stand mir über die gesamte Zeit stets mit Rat und Unterstützung zur Seite.

Einen besonderen Dank möchte ich der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen aussprechen, namentlich bei Herrn Dr. Klaus Failing und Herrn Andreas Schaubmar, die mir bei der statistischen Auswertung sehr halfen.

Meinem Chef Franz danke ich, dass er mir die Chance ermöglichte, diese Doktorarbeit während der Arbeitszeit zu realisieren. Ein zusätzlicher Dank gilt auch den Landwirten, die mir Ihre Tiere und Ihre wertvolle Zeit zur Verfügung stellten.

Ein besonderer Dank geht an meine Familie und Freunde, die zu jeder Zeit an mich glaubten und mich auf meinem bisherigen Lebensweg stets unterstützten und begleiteten.

Und schließlich gebührt ein besonderer Dank meiner Freundin Leni, die mich durch ihre Hartnäckigkeit immer wieder motivierte. Sie opferte unzählige Stunden ihrer freien Zeit, um mich beim Schreiben der Dissertation zu unterstützen. Wenn ich sie nicht gehabt hätte, würde ich noch heute vor einer Arbeit ohne einen richtigen deutschen Satz sitzen und rätseln, was ich beim Schreiben wohl gemeint haben könnte ☺.

12 Erklärung

Ich erkläre:

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

Armin Hofer



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

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

ISBN: 978-3-8359-6846-2



9 783835 196846 2

