

ANKE UTSCH

Untersuchungen zum Einfluss einer einmaligen
periovulatorischen oralen Propylenglykoldgabe
auf die Brunstsymptomatik und das
Trächtigkeitsergebnis beim Milchrind



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



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

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

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

1. Auflage 2018

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

1st Edition 2018

© 2018 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition linguistique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
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

**Untersuchungen zum Einfluss einer einmaligen
periovulatorischen oralen Propylenglykollgabe auf
die Brunstsymptomatik und das Trächtigkeitsergebnis
beim Milchrind**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Anke Utsch

aus Erfurt

Gießen 2017

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

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

Gutachter: Prof. Dr. A. Wehrend

Prof. Dr. Dr. K. Doll

Tag der Disputation: 11. April 2018

*„Die Naturforschung lehrt uns die Geschichte der Allmacht,
der unergründlichen Weisheit eines unendlich höheren Wesens
in seinen Werken und Taten erkennen;
unbekannt mit dieser Geschichte kann die Vervollkommnung
des menschlichen Geistes nicht gedacht werden,
ohne sie gelangt seine unsterbliche Seele nicht zum Bewusstsein ihrer Würde
und des Ranges, den sie im Weltall einnimmt.“*

Justus Freiherr von Liebig

Abkürzungen

a. p. – ante partum

BASF – Badische Alanin- und Sodafabriken

BCS – Body Condition Score

BHB – Betahydroxybutyrat

BI - Besamungsindex

BVN – Besamungsverein Neustadt an der Aisch

°C – Grad Celsius

D1 - Differenz

dl – Deziliter

EBE – Erstbesamungsindex

EU – Europäische Union

FCM- Fat Corrected Milk

FSH – Follikelstimulierendes Hormon

FM - Frischmasse

g - Gramm

GnRH – Gonadotropin Releasing Hormon

H0- Hypothese

H1- Gegenhypothese

IGF – insulin like growth factor

kg - Kilogramm

l – Liter

LH – Luteinisierendes Hormon

mg - Milligramm

MJ - Megajoul

mm – Millimeter

mmol – Millimol

n - Anzahl

NEFA – Freie Fettsäuren (non esterified fatty acids)

NEL – Nettoenergie-Laktation

ng – Nanogramm

P – Proportion trächtig

p - Pie

PGF_{2α} – Prostaglandin F_{2α}

p. p. – post partum

SPSS – Statistical Package for the Social Science

TMR – Totale Mischraktion

USP – United States Pharmacopeia

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literatur	2
2.1	Zyklus des Rindes	2
2.1.1	Sexualzyklus	2
2.1.2	Ovarzyklus	4
2.1.2.1	Follikelphase und Ovulation	4
2.1.2.2	Lutealphase	6
2.1.2.3	Hormonelle Steuerung	7
2.2	Situation der Fruchtbarkeit beim Milchrind	7
2.3	Ursachen der derzeitigen Fruchtbarkeitsleistung beim Rind	10
2.3.1	Besamungszeitpunkt	10
2.3.2	Verzögerte Ovulation	13
2.3.3	Energetische Versorgung	16
2.3.3.1	Stoffwechselforgänge in der Frühlaktation	17
2.3.3.2	Glukosestoffwechsel der Milchkuh	18
2.3.3.3	Einfluss der negativen Energiebilanz auf die Fruchtbarkeit	20
2.4	Einsatz von Propylenglykol beim Milchrind	26
2.5	Wirkung der Propylenglykoldgabe beim Milchrind	30
2.6	Vergleich von Propylenglykol mit anderen glukoplastischen Substanzen	34
3	Material und Methode	37
3.1	Tiere und Material	37
3.1.1	Tiere	37
3.1.2	Propylenglykol	41
3.2	Methode	41
3.2.1	Datenerhebung	41
3.2.2	Klinische Untersuchung	41
3.2.3	Festlegung des Besamungszeitpunktes	42
3.2.4	Instrumentelle Samenübertragung	42

3.2.5	Propylenglykoleingabe	43
3.2.6	Gruppeneinteilung	43
3.2.7	Statistische Auswertung	44
3.2.7.1	Post-Hoc-Poweranalyse	44
4	Ergebnisse	46
4.1	Angaben zu den untersuchten Tieren	46
4.2	Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsrate und Behandlung	46
4.3	Ausprägung der Brunstsymptome	47
4.4	Besamung	51
4.4.1	Zusammenhang zwischen Besamungserfolg und Einzelparametern	53
5	Diskussion	59
5.1	Diskussion der Fragestellung	59
5.2	Diskussion der Methode	59
5.2.1	Fütterung	61
5.2.2	Umwelt	63
5.3.	Diskussion der Ergebnisse	65
5.3.1	Einfluss der Propylenglykolgebe auf die Brunstsymptomatik	65
5.3.2	Einfluss der Propylenglykolgebe auf Besamungserfolg und Trächtigkeitsrate	68
5.4	Abschließende Betrachtung	72
6	Zusammenfassung	74
7	Summary	75
8	Literaturverzeichnis	76

1 Einleitung

Durch immer weiter voranschreitende Globalisierung der Wirtschaftsmärkte sind auch die deutschen Milchviehbauer gezwungen ökonomisch zu denken und zu weltweit konkurrenzfähigen Preisen zu produzieren. Ein entscheidender Faktor um die Produktionskosten je Liter Milch zu senken ist eine gute Fruchtbarkeit mit hohen Erstbesamungserfolgen.

Die Fruchtbarkeitsleistung in vielen Milchviehbetrieben verschlechtert sich mit steigender Milchleistung und führt zu ökonomisch kritischen Situationen. Zahlreiche Studien der letzten Jahrzehnte identifizieren ein peripartales Energiedefizit als Ursache sinkender Fruchtbarkeit und vermehrt auftretender Ketoseerkrankungen bei Hochleistungsrindern.

Glukoplastische Substanzen können zum Ausgleich dieses Energiedefizites eingesetzt werden, was mehrere Untersuchungen der vergangenen Jahre belegen. Bisherige Forschungsarbeiten propagieren einen Einsatz glukoplastischer Verbindungen über einen längeren Zeitraum (meist mehrere Wochen), was mitunter recht kostenintensiv und mit deutlich erhöhtem Arbeitsaufwand verbunden ist.

Die vorliegende Studie überprüft die Hypothese, dass bereits durch eine einmalige orale Verabreichung von Propylenglykol um den Besamungszeitpunkt das Trächtigkeitsergebnis einer Herde signifikant verbessert werden kann. Des Weiteren soll untersucht werden, welchen Einfluss die orale Propylenglykolgabe auf die Ausprägung der Brunstsymptome hat.

2 Literatur

2.1 Zyklus des Rindes

Entscheidend für den Erfolg der Besamung ist der richtige Besamungszeitpunkt. Dieser sollte zeitlich kurz vor dem Ovulationszeitpunkt liegen (GRUNERT, 1999a; ROELOFS et al., 2010). Um dies in der Praxis möglichst exakt zu bewältigen, ist es nötig, den Geschlechtszyklus des Rindes genau zu kennen. Der Geschlechtszyklus lässt sich in den Sexualzyklus, der das Verhalten des Tieres widerspiegelt, und in den Ovarzyklus, der die Vorgänge an Ovar und Uterus beschreibt, einteilen (HANCOCK, 1948; ASDELL et al., 1949; BANE und RAJOKOSKI 1961).

2.1.1 Sexualzyklus

Der Sexualzyklus beginnt mit dem Eintritt in die Geschlechtsreife, die beim weiblichen Rind mit 8 – 11 Monaten beginnt und wiederholt sich periodisch, sofern er nicht durch Gravidität unterbrochen wird (NOAKES, 2001). Wiederkäuer sind asaisonal polyöstrische Tiere – das heißt, sie werden unabhängig von der Jahreszeit das ganze Jahr über brünstig (TUCKER, 1982). Der Sexualzyklus beim Rind dauert 21 Tage (+/-2) (SAVIO et al., 1988; BLEACH et al., 2004).

Man unterteilt den Zyklus in Proöstrus (Vorbrunst), Östrus (Brunst), Metöstrus (Nachbrunst) und Diöstrus (Zwischenbrunst) (HANCOCK, 1948; RATHBONE et al., 2001; BUSCH, 2004).

Im Proöstrus setzen erste Verhaltensauffälligkeiten ein. Die Tiere werden unruhig, zeigen vermehrtes Kopfauflegen auf Stallgenossen, weisen verkürzte Liege- und Fresszeiten auf und beginnen vermehrt zu brüllen (DRESCHSEL, 2014; PALMER et al., 2012). Zum Ende der Vorbrunst, die etwa 2 bis 3 Tage andauert, wird der Kontakt zu Gefährtinnen vertieft und das Bespringen anderer Tiere setzt ein. Adspektorisch ist eine leichte Vulvaschwellung (SUMIYOSHI et al., 2014) mit feuchter Vaginalschleimhaut auffällig und erster, noch visköser Brunstschleim wird sichtbar. Rektal wird der in der Proliferationsphase befindliche, vergrößerte Uterus palpirt, der erhöhte Kontraktionsbereitschaft zeigt (GRUNERT, 1999a). Die Ovarien befinden sich in der Follikelreifungsphase. Neben Tertiärfollikeln in Reifung liegen Gelbkörper in Rückbildung vor.

Der Östrus ist der Zeitraum, in dem das Tier paarungsbereit ist (GRUNERT, 1999a). Er ist gekennzeichnet durch starke Unruhe (GAILLARD et al., 2016), erhöhte Reizbarkeit und Brüllen (VAN VLIET und VAN EERDENBURG, 1996). Die brünstigen Rinder biegen bei Druck auf den Rücken diesen durch (Duldungsreflex) (VAN

EERDENBURG et al., 1996) und sind besonders in Laufställen durch typische Verschmutzungen im Kreuzbeinbereich zu erkennen, die durch Aufspringen von Stallgenossen entstehen. Auch eine verstärkte Lautäußerung und veränderte Lautstruktur wird zum Brunsthöhepunkt beobachtet (SCHÖN et al., 2007; DRESCHER, 2014). Weitere zahlreiche Verhaltensauffälligkeiten wie Kopfauflegen auf das Becken von Stallgenossen, Andrängen an Nachbartiere, verminderte Ruhezeiten, Belecken und Beriechen des Anogenitalbereiches anderer Kühe oder erhöhte Aggressivität können beobachtet werden (PHILLIPS und SCHOFIELD, 1990; KERBRAT und DISENHAUS, 2004; SVEBERG et al., 2011; PALMER et al., 2012). An den äußeren Geschlechtsorganen fällt zunächst eine stark ödematisierte Vulva, sowie klarer, fadenziehender Schleim (Brunstschnur) auf (SAMBRAUS, 1978). Die Vaginalschleimhaut ist rosarot und feucht, die Portio vaginalis der Zervix bleistiftstark geöffnet. Der Uterus rollt sich während der Brunst in typischer Weise auf und ist durch den erhöhten Muskeltonus von fester Konsistenz (GRUNERT, 1999a). Am Ovar kann deutlich ein circa haselnussgroßer Follikel ausgemacht werden. Die Dauer der Brunst wird von verschiedenen Autoren mit 11 – 18 Stunden bemessen. Eine Übersicht bietet Tabelle 1. LOPEZ et al. (2004) beobachteten eine kürzere Östrusdauer bei Hochleistungsrindern in Abhängigkeit von hoher Milchproduktionsleistung. Mit dem Wissen, dass die Milchleistung in den letzten Dekaden generell angestiegen ist (DLQ e.V., Milchleistungsprüfung), wird diese leistungsabhängige Brunstverkürzung auch in Tabelle 1 sichtbar: während TRIMBERGER 1948 noch eine Brunstlänge von 17,8 Stunden beschreibt, so sprechen FORDE et al. 2011 nur noch von durchschnittlich 8 Stunden.

Tabelle 1 : Östrusdauer beim Rind nach verschiedenen Autoren

Autor	Östrusdauer in Stunden
TRIMBERGER (1948)	17,8
SCHAMS et al. (1977a)	16,9 +/- 4,9
VAN VLIET und VAN EERDENBURG(1996)	13,7 +/- 6,7
ROELOFS et al. (2004)	11,3 +/- 4,2
MONDAL et al. (2008)	11,7 +/- 2,7
FORDE et al. (2011)	8

Im Metöstrus (etwa 3 bis 4 Tage) erlischt die Paarungsbereitschaft und die äußeren und inneren Symptome der Brunst klingen ab (GRUNERT, 1999a). Der abgesonderte Brunstscheideweg wird zähflüssig und versiegt langsam. Teilweise sind im Brunstscheideweg Blutbeimengungen sichtbar - das Phänomen des sogenannten „Abbluten“ (BOSTEDT, 2006; YOSHIDA und NAKAO, 2005; DISKIN und SREENAN, 2000). Die Cervix schließt sich und der Eierstock tritt in die Gelbkörperphase ein. Der Uterustonussinkt, wodurch eine deutlich schlaffere Gebärmutter rektal erfasst wird. Der Diöstrus stellt mit 15 bis 16 Tagen den längsten Abschnitt des insgesamt 21 Tage dauernden Zyklus dar. Jegliche Brunstsymptome fehlen. Am Ovar erreicht der Gelbkörper sein Blütstadium und ist etwa ab dem 6. Tag post ovulationem deutlich rektal als Einziehung zu fühlen (RAJAKOSKI, 1960; STOLLA und HIMMER, 1980).

2.1.2 Ovarzyklus

Noch vor einigen Jahren wurde in den Vorgängen am Ovar deutlich zwischen Follikel- und Lutealphase unterschieden. Heute ist jedoch bekannt, dass die einzelnen Phasen teilweise parallel ablaufen und ineinander übergreifen (GRUNERT, 1999a). Trotzdem soll an dieser Stelle zur übersichtlicheren Darstellung zwischen den einzelnen Abschnitten des ovariellen Zyklus unterschieden werden.

2.1.2.1 Follikelphase und Ovulation

Bereits intrauterin sind im Embryo Primordialfollikel nachweisbar, die sich jedoch bis zur Geschlechtsreife in einer Ruhephase befinden (FORTUNE et al., 2013; KEZELE et al., 2002). Die maximale Anzahl an Eizellen liegt mit etwa 100.000 beim Rind bereits zur Geburt im Ovar vor und nimmt bis zum Eintritt in die Pubertät stetig ab (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Fetal und präpubertal entstandene Follikel atresieren. Mit dem Eintritt in die Geschlechtsreife beginnt der dynamische Prozess der Follikelreifung, wobei sich aus Primordialfollikeln über Primär- und Sekundärfollikel vesikuläre Tertiärfollikel mit typischem Aufbau entwickeln (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Dabei wandern die unterschiedlichen Follikelstufen vom Rand des Ovars zur Mitte hin. In der Regel besitzt jeder Follikel genau eine Eizelle, die von einer Thekazellschicht (Theca interna und Theca externa) und einer Granulosazellschicht umgeben ist (HUNTER et al., 2004; GOUGEON, 1996). Androgene aus der Theca interna diffundieren in die Granulosazellen und werden hier zu Östrogenen, vor allem Östradiol aromatisiert (MINDNICH et al., 2004; HILLIER, 1994). Bereits zwei Tage nach der Ovulation wachsen auf dem Ovar unter

dem Einfluss des Follikelstimulierenden Hormons FSH mehrere neue Follikel, sogenannte Kohorte, heran. Zunächst wachsen die Follikel mit circa 2 mm täglich homogen (MIHM et al., 2002), doch schon nach wenigen Tagen kann man das Phänomen der sogenannten Follikeldominanz (GOODMAN und HODGEN, 1993) beobachten. Ein einzelner Follikel wird unter dem Einfluss von LH selektiert und wächst weiter, während er Inhibin und Östrogene produziert (BOSTEDT et al., 1979; DRIANCOURT, 2001; MEINECKE, 2010). Diese Hormone lösen an der Adenohypophyse ein negatives Feedback aus, wodurch die FSH-Sekretion und somit das Wachstum der übrigen Follikel gehemmt wird (FORDE et al., 2011). Beim Rind treten zwei bis drei Follikelwellen auf (SAVIO et al., 1988; GINTHER et al., 1989; TAYLOR und RAJAMAHENDRAN, 1991; WOERNER, 1997; SCHÖNKYPL und AURICH, 2003; SARTORI et al., 2004). Zu Beginn des Zyklus wachsen zahlreiche kleinere Follikel unter FSH-Einfluss heran, die jedoch zur Zyklusmitte hin wieder atresieren (Mittzyklusfollikel). Eine zweite Welle von Follikeln bildet sich gegen Ende des Zyklus, von denen einer zum dominanten Follikel des nächsten Zyklus heranreift (SIROIS und FORTUNE, 1988; DRIANCOURT et al., 1991; DRIANCOURT, 2001; STOCK und STOLLA, 1995; GARCIA et al., 1999). Dieser Vorgang wird gesteuert durch einen zweiten FSH-Gipfel in der Zyklusmitte. Der dominante Tertiärfollikel wächst zum Graafschen Follikel (13 – 19 mm) heran und steht zur Ovulation bereit (JOSELYN und SETCHEL, 1972). Hierbei ist das Verhältnis von LH und FSH besonders wichtig (SCHAMS et al., 1977a; GRUNERT, 1999a). Durch einen präovulatorischen LH-Peak vermehren sich die Granulosazellen des Follikels und die Flüssigkeitsmenge im Inneren nimmt zu. Die Eizelle, umgeben von der Corona radiata, beginnt, sich vom Stratum granulosum zu lösen und schwimmt nun frei in der Follikelflüssigkeit (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Gegen Ende der Reifungsphase greifen proteolytische Enzyme aus den Granulosazellen die Follikelwand im Bereich des Stigmas an (CAJANDER und BIRSING, 1975; ERICKSON, 1986). Der Follikel wird zunehmend weicher und reißt schließlich im Bereich des Stigmas ein. Der Eisprung ist nicht, wie die Bezeichnung vermuten lässt, ein plötzlicher Vorgang, sondern eher ein Herausquellen des Oozyten-Cumulus-Komplexes aus der Follikelhülle (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Der Eizellenkomplex wird anschließend durch den Zilienschlag des Infundibulum aufgenommen und in den Eileiter weitertransportiert.

Der Zeitpunkt der Ovulation wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich angegeben. Sicher ist jedoch, dass die Ovulation kurz nach Abklingen des Duldungsreflexes auftritt. SCHNURRBUSCH und VOGLER (2002) gehen von einer

Ovulation 24 – 36 Stunden nach Eintritt des Duldungsreflexes aus, was sich mit Untersuchungen von SCHAMS und BUTZ (1972) deckt. Auch MEINECKE (2010) sowie ROELOFS et al. (2010) beschreiben den Ovulationszeitpunkt 25 - 30 Stunden nach Östrusbeginn. SCHNORR und KRESSIN (2001) geben den Ovulationszeitpunkt mit 6 – 12 Stunden nach Abklingen der äußeren Brunstsymptome an, ebenso gehen HUNTER und GREVE (1997) von einer Ovulation 8 - 12 Stunden nach Ende der Hauptbrunst aus.

2.1.2.2 Lutealphase

Nach der Ovulation beginnt unter dem Einfluss von LH die Anbildung des Gelbkörpers, welcher bereits am 5. Zyklustag sonographisch darstellbar ist (RÖSKES et al., 2012). Die zurückgebliebene Hülle des gesprungenen Follikels wird Corpus haemorrhagicum genannt (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Die Granulosazellen des Graafschen Follikels bilden die Granulosaluteinzellen des entstehenden Gelbkörpers und füllen nach und nach die Follikelhöhle aus. Außerdem sammelt sich geronnenes Kapillarblut an. Anfangs stellt sich der Gelbkörper rektal noch als weiche, leichte Erhebung auf dem Ovar dar, doch schon bald ist das Corpus luteum als pilzförmiger Vorsprung tastbar (RAJAKOSKI, 1960). Der größere Teil dieses Funktionskörpers liegt jedoch in der Tiefe des Ovars. Etwa zur Zyklusmitte befindet sich das Corpus luteum in Blüte und hat nun prall-elastische Konsistenz und eine Größe von 20 – 25 mm (SCHNORR und KRESSIN, 2001). Die vorherige Östrogensynthese wird nun auf die Produktion des Schwangerschaftshormons Progesteron umgestellt. In der Zyklusmitte erreicht die Progesteronsynthese ihren Höhepunkt (SCHAMS et al. 1977a; SCHNURRBUSCH und VOGLER, 2002; ROBINSON et al., 2008) und liegt nach einer Studie von MATSUYAMA et al. (2012) am 16. Zyklustag bei 5 - 10 ng/dl. Kommt es zur erfolgreichen Konzeption muss der Embryo ausreichend Signale zur maternalen Trächtigkeitserkennung aussenden, um einen frühen Trächtigkeitsabbruch zu verhindern (MC CARTHY et al., 2012). Wie verschiedene Studien gezeigt haben, spielt Progesteron hierbei eine besondere Rolle: es reguliert diverse Sezernierungsprozesse im Endometrium, die für die Bereitstellung von Wachstumsfaktoren und Nährstoffen für den Embryo essentiell sind (GRAY et al., 2001; MORRIS und DISKIN, 2008; CARTER et al., 2008; CLEMENTE et al., 2009; CLEMENTE et al., 2011; MC CARTHY et al., 2012; KAREN et al. 2014). Bleibt eine Befruchtung aus, so leitet das im Uterus produzierte $\text{PGF}_{2\alpha}$ etwa ab dem 17. Zyklustag die Luteolyse des Gelbkörpers ein, wodurch der Serumprogesteronspiegel

fällt (JÖCHLE und LAMMOND, 1980; DÖCKE, 1994; SCHNURRBUSCH und VOGLER, 2002; GINTHER et al., 2009 ;FORDE et al., 2011). Durch das Absinken der Progesteronkonzentration reift erneut ein Follikel heran und ovuliert (MC CRACKEN et al., 1999). Die Rückbildung des Corpus luteum dauert über mehrere Zyklen an. Beim Rind spricht man ab dem 28. Zyklustag vom Corpus rubrum, da sich eine rötliche Narbe bildet (SCHNORR und KRESSIN, 2001).

2.1.2.3 Hormonelle Steuerung

Das im Hypothalamus produzierte GnRH (Gonadotropin-Releasing-Hormon) setzt in der Adenohypophyse Signale zur Produktion der Gonadotropine FSH und LH. Die Interaktion zwischen LH und FSH steuert die Ovaraktivität und das Follikelwachstum (RAWLINGS et al., 2003). Beide Hormone stimulieren das Heranwachsen der Follikel im Ovar, wobei FSH eher die Anzahl der Follikel und LH (im Synergismus mit FSH) vorwiegend die Ausreifung, vor allem des dominanten Follikels, bestimmt (SCHNURRBUSCH und VOGLER, 2002). FSH regt die Östrogenproduktion in den Follikeln an. Damit Östrogen über ein positives Feedback auf die LH-Sekretion wirken kann, muss zuvor der Progesteronspiegel absinken, was ab dem 18. - 24. Zyklustag im maternalen Blut nachweisbar ist (BALHARA et al., 2013). Dies geschieht infolge der Luteolyse des progesteronbildenden Corpus luteum. Im Uterus produziertes PGF₂a induziert eine Minderdurchblutung des Corpus luteum, wodurch es zur Apoptose der Luteinzellen und somit zum Abbau des Gelbkörpers kommt (REKAWIECKI et al., 2008). Durch die sinkende Progesteronkonzentration bleibt das negative Feedback auf hypophysärer Ebene aus, was erneut eine gesteigerten FSH-Ausschüttung zu Folge hat (MC CRACKEN et al., 1999). LH erreicht 36 – 40 Stunden vor der Ovulation seinen Gipfel und wirkt ovulationsauslösend (ROMMEL, 1963; SCHAMS et al., 1977a; DÖCKE, 1994; GRUNERT, 1999b). LH initiiert die Luteinisierung der Granulosazellen teilweise schon vor der Ovulation und trägt entscheidend zur Gelbkörperbildung bei.

2.2 Situation der Fruchtbarkeit beim Milchrind

Die Fruchtbarkeit ist ein indirektes Leistungsmerkmal. Es spiegelt das Vermögen wieder, rechtzeitig tragend zu werden und gesunde und lebensfähige Nachkommen bis ins hohe Alter bringen zu können (LOTTHAMMER und WITTOWSKI, 1994).

In den letzten Jahrzehnten ist die Fertilitätsleistung von Hochleistungsrindern weltweit gesunken (BUTLER und SMITH, 1989; ROYAL et al., 2000a/b; LUCY, 2001; LOPEZ-GATIUS, 2003; MEE, 2004; PRZEWOZNY, 2011).

Die Fruchtbarkeit ist ein wichtiger Aspekt der Wirtschaftlichkeit der Milchviehbetriebe. In der Vergangenheit wurde ein erhöhtes Augenmerk auf maximale Milchleistung zu Lasten der Fruchtbarkeit gelegt (CHAGAS et al., 2007). Es wurde vernachlässigt, dass die Produktionskosten je Liter Milch nur durch hohe Fruchtbarkeitsleistung gesenkt werden können. Bei verminderter Fruchtbarkeit sinkt die Wirtschaftlichkeit durch steigende Kosten für Mehrfachbesamungen und Sterilitätsbehandlungen und gleichzeitig sinkt der Ertrag durch einen Milchleistungsabfall und verkürzte Nutzungsdauer (LOTTHAMMER und WITTKOWSKI, 1994; JOHNSON und GENTRY, 2000; LEROY und DE KRUIF, 2006). So fand MANN (2002) heraus, dass in britischen Milchkuhbeständen Zyklusstörungen vor allem in der frühen postpartalen Phase in den letzten 20 Jahren von 32 auf 44 % anstiegen. Besonders auffällig war hierbei ein Abfall der Konzeptionsrate nach Erstbesamungen von 60 % auf 40 %. ZELFEL (2008) stellte in seinen Untersuchungen für den Zeitraum von 1992 bis 2003/2005 eine Absenkung des Besamungserfolges in Holsteinherden um 10 % fest. Eine weitere Studie von ZUBE und FRANKE (2007) belegt in Brandenburger Milchvieherden zwischen 1992 und 2006 eine Milchleistungssteigerung von 5037 kg auf 8546 kg bei gleichzeitiger Verlängerung der Zwischenkalbezeit um 23 Tage. Etliche Untersuchungen belegen, dass auf Milchleistung gezüchtete Hochleistungsrinder ihre Energie- und Nährstoffreserven in erster Linie für die Milchproduktion aufbringen und die Fruchtbarkeit vernachlässigt wird (BLUM, 2004; STANGASSINGER, 2006; LEROY et al., 2008a). Diese Priorität zu Gunsten der Milchleistung wird selbst bei Stoffwechselimbancen in einem gewissen Toleranzbereich aufrechterhalten. Aus biologischer Sicht ist es durchaus sinnvoll die Energiereserven in erster Linie in die Milchproduktion und nicht in Fruchtbarkeit zu investieren, da somit das Überleben bereits geborener Nachkommen gesichert wird, anstatt die Energie an ungewisse zukünftige Trächtigkeiten zu verbrauchen (LUCY, 2003). PATTON et al. (2006) sowie HORAN et al. (2004) unterstellten, dass durch die Zuchtselektion auf Milchleistung dieser Effekt verstärkt wurde.

Mittlerweile wird in der Rinderzucht vermehrt auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Milch- und Fruchtbarkeitsleistung geachtet (BERRY et al., 2016). BARBAT et al. (2010) beschrieben in ihrer Analyse die phänotypische Entwicklung der Fertilitätsmerkmale in französischen Milchvieherden und deren genomische

Identifikation. Die Wissenschaftler stellten ein Konzept zur Einbeziehung genomischer Fruchtbarkeitsmerkmale in die Zuchtwertschätzung vor. Einen größeren Einfluss auf die Fruchtbarkeitsleistung als die Erbllichkeit haben laut JAHNKE (2002) jedoch zu rund 95 % Umweltfaktoren, wie Management, Haltung und Fütterung. Innerhalb dieser Faktoren spielt das Management mit etwa 60 % die wohl größte Rolle (JAHNKE, 2002; PRZEWOZNY, 2011). Es ist deshalb nicht zu erwarten, dass allein über die Genetik eine relevante Steigerung der Fruchtbarkeitsleistung zu erreichen ist. Es stellt sich zum Beispiel für viele Betriebe die Frage, ob die aus ökonomischer Sicht zunächst möglichst kurze angestrebte Rastzeit nicht zugunsten einer verbesserten Trächtigkeitsrate verlängert werden sollte. JAHNKE (2002) fand heraus, dass zwischen dem 60. und 100. Tag postpartum die besten Besamungserfolge erzielt werden. Grund hierfür ist ein Energiedefizit innerhalb der ersten 60 Laktationstage durch die in diesem Zeitraum höchste Milchleistung. Ab einer bestimmten Zeit, die nach der Kalbung überschritten wird, neigen die Tiere zu erhöhtem Fettansatz und damit erhöhter Anfälligkeit für Stoffwechselstörungen, wie Fettmobilisationssyndrom und Ketose (HOEDEMAKER et al., 2014). Andersherum befinden sich aber auch 5 – 50 % der Tiere eines Bestandes in einer subklinischen Ketose (HUTJENS, 1996; STAUFENBIEL, 1999; GASTEINER, 2000; GEISHAUSER et al., 2000; SUTHAR et al., 2012), vor allem unterversorgte Hochleistungskühe. Diese Tiere zeigen dann häufig eine gestörte Fruchtbarkeit, insbesondere häufiges Umrindern, Anöstrie, Stillbrünstigkeit und Ovarialzysten (SENATOR et al., 1996; BEAM und BUTLER, 1997; KADOKAWA und YAMADA, 1999). Auch ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen pathologischer Veränderungen an Ovar und Uterus höher.

Laut JAHNKE (2002) weisen Färsen meist eine bessere Fruchtbarkeit auf als Kühe. So liegt beispielsweise der Erstbesamungserfolg bei Färsen bei über 70 %, bei Kühen jedoch nur bei rund 60%. Auch der Besamungsindex weist bei Färsen mit maximal 1,5 einen besseren Wert auf, als bei Kühen (1,7) (JAHNKE, 2002).

Trotz aller Bemühungen entstehen den Betrieben oft hohe finanzielle Einbußen durch erhöhten Besamungsaufwand und verlängerte Zwischentragezeiten. HOEDEMAKER et al. (2014) errechneten Mehrkosten in Höhe von 1 – 2 Euro (je nach betrieblichen Besonderheiten sogar bis 4 Euro) pro Kuh für jeden Tag Verlängerung der Zwischenkalbezeit. Bis zu 22 % der Gesamtabgänge werden durch Unfruchtbarkeit verursacht (JAHNKE, 2002; ZUBE und FRANKE, 2007).

2.3 Ursachen der derzeitigen Fruchtbarkeitsleistung beim Rind

Für die aktuelle Fruchtbarkeitsleistung ist das Zusammenspiel verschiedener Faktoren von Bedeutung. Selten verursacht eine einzelne Störung eine schlechte Herdenfruchtbarkeit. Die reduzierte Fruchtbarkeit bei Hochleistungskühen setzt sich zusammen aus schlechten Konzeptionsraten und hohen Verlusten durch Frühembryonalverluste (LUCY, 2001; BOUSQUET et al., 2004; ROCHE, 2006; LEROY et al., 2008b). Die Ursachen der verminderten Fertilität bei Hochleistungsrindern liegen in einem Komplex aus genetischen Faktoren, inadäquater Fütterung, inkompetentem Fruchtbarkeitsmanagement und in mangelnder Tiergesundheit (LUCY, 2001).

2.3.1 Besamungszeitpunkt

Wurden Kühe früher überwiegend im Natursprung vom Bullen gedeckt so hat sich im letzten Jahrhundert die Künstliche Besamung mit bis zu über 80 % im Jahr 2005 zur meist angewandten Zuchtmethod in Deutschland entwickelt (BUSCH und WABERSKI, 2007). Eine fachgerechte Besamung ist unabdingbar für eine optimale Herdenfruchtbarkeit und daraus resultierender Milchproduktion.

Der Besamungszeitpunkt spielt eine wichtige Rolle im Herdenmanagement und hat großen Einfluss auf die Rentabilität. Wird zu früh oder zu spät besamt, wird das Tier nicht tragend (STOLLA und DE KRUIF, 1999). Weitere Besamungen sind notwendig und zusätzliche Kosten für Besamertätigkeit und Spermaportionen entstehen (STOLLA und DE KRUIF, 1999; JAHNKE, 2002). Schlimmstenfalls wird ein Tier sogar fälschlicherweise für zuchtuntauglich erklärt und der Schlachtung zugeführt, was einen enormen finanziellen Schaden verursacht (JAHNKE, 2002). Laut HOEDEMAKER et al. (2014) sollten nicht mehr als 7 % der Kühe wegen Unfruchtbarkeit gemerzt werden. ZUBE und FRANKE (2007) stellten fest, dass im Jahr 2006 Fruchtbarkeitsprobleme mit 19,6 % die häufigste Abgangsursache für Kühe in deutschen Milchvieherden darstellten und eine der Hauptursachen für die geringe Nutzungsdauer von 2,6 Jahren bei Milchkühen waren.

Um den richtigen Zeitpunkt für eine instrumentelle Besamung zu finden, ist die Brunstbeobachtung sehr wichtig (STOLLA UND DE KRUIF, 1999; NEBEL, 2003; HOEDEMAKER et al., 2014; ROELOFS et al., 2010). Diese sollte laut JAHNKE (2002) mindestens dreimal täglich für je 20 Minuten durchgeführt werden. Auch VAN EERDENBURG et al. (1996) und ROELOFS et al. (2005a) konnten in ihren Studien erst bei dreimaliger Brunstbeobachtung zu je 30 Minuten zufriedenstellende Brunsterkennungsraten von 74 - 90 % erreichen. In der Literatur wird immer wieder

beschrieben, dass sich die Ruhephasen der Tiere (CAVESTANY et al., 2008) beziehungsweise die Morgen- und Nachtstunden am besten zur Brunstbeobachtung eignen (DISKIN und SREENAN, 2000; BOSTEDT, 2006). PENNINGTON et al. (1986) gehen jedoch davon aus, dass erhöhte Brunstaktivität unabhängig von der Tageszeit auftritt und vielmehr durch stalltypische Arbeiten wie Füttern und Melken unterbrochen wird, da die Tiere von ihren Brunstverhalten abgelenkt werden.

Grundsätzlich gilt die Faustregel, Tiere, die morgens als brünstig erkannt werden, werden nachmittags besamt und Tiere, die nachmittags Brunstsymptome zeigen, werden am nächsten Morgen besamt (JAHNKE, 20002; HOEDEMAKER et al., 2014). Da es etwa 6 Stunden dauert, ehe fertile Spermien im Isthmus des Eileiters ankommen, liegt der optimale Besamungszeitpunkt vor dem Ovulationszeitpunkt (GRUNERT, 1999a). In den Untersuchungen von ROELOFS et al. (2010) konnten die besten Ergebnisse bei einer Besamung 12 - 16 Stunden nach Brunstbeginn erzielt werden. Der ideale Besamungszeitpunkt wird von vielen Autoren ganz unterschiedlich angegeben. Eine Übersicht über die Zeitspanne zwischen Brunst und Ovulation nach verschiedenen Autoren bietet Tabelle 2.

Tabelle 2: Zeitpunkt der Ovulation beim Rind nach verschiedenen Autoren

Zeit vom Brunst <u>beginn</u> bis zur Ovulation (Std.)	Zeit vom Brunst <u>ende</u> bis zur Ovulation (Std.)	Autoren
27,8		GERASIMOVA,1940
32,8		RANDEL et al.,1973
26 <u>±</u> 4		BERNARD et al., 1983
24,9 <u>±</u> 3,9		LOPEZ et al., 2002
25-30		MEINECKE, 2010 ; ROELOFS et al., 2010
	10,5	TRIMBERGER,1948
	11,1	ASCHENBACHER et al.,1956
	12,4	HALL et al., 1959
	9,2 <u>±</u> 1,3	WISHART, 1972
	8-12	HUNTER und GREVE, 1997
	6-12	SCHNORR und KRESSIN, 2001

Die Brunsterkennungsrate ist außer von den Fähigkeiten des Personals auch von anderen Faktoren abhängig (ROELOFS et al., 2010). So ist es zum Beispiel in Anbindehaltung viel schwieriger; brünstige Tiere zu erkennen, da diese ja nicht von Stallgenossen besprungen werden können (DISKIN und SREENAN, 2000; BOSTEDT, 2006). Auch die Anzahl der Tiere pro Stalleinheit ist wichtig. Je höher die Tierzahl, umso höher ist die Chance, dass mehrere Tiere gleichzeitig brünstig sind und sich gegenseitig bespringen (KILGOUR et al., 1977, ROELOFS et al., 2005b; Floyd et al., 2009, DRESCHER, 2014). Bei schlechten Bodenverhältnissen, Klauenproblemen oder hohen Außentemperaturen sind die Sprungaktivitäten nur eingeschränkt zu beobachten (DISKIN und SREENAN, 2000). Die Expression der Brunstmerkmale zeigt negative Korrelation zur Milchleistung. Je höher die Milchproduktion, umso häufiger werden Stillbrünstigkeiten (HARRISON et al., 1990), verminderter Duldungsreflex (DOBSON et al., 2008) und verkürzte Brunstdauer

(LOPEZ et al., 2004) beobachtet. Die verschiedenen Brunstsymptome werden nicht kontinuierlich gezeigt, so dass es zu einer bedeutenden Fehlerquote in der Selektion brünstiger Kühe kommen kann, wenn nur einzelne Parameter in die Brunstkontrolle einbezogen werden (RANASINGHE et al., 2008). VAN EERDENBURG et al. (1996) entwickelten daher ein Punktesystem, in dem einzelne Verhaltensweisen quantifiziert werden. Bei Erreichen eines festgelegten Schwellenwertes gilt die Kuh als brünstig. Mit dieser Methode werden nach Angaben der Autoren 100 % der ovulierenden Tiere detektiert.

Um die Brunstkontrolle zu erleichtern, beziehungsweise effektiver zu gestalten, wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche technische Hilfsmittel eingeführt (RORIE et al., 2002), die sich jedoch in der Praxis nur mehr oder weniger durchsetzen konnten. Die Pedometrie macht sich die erhöhte Laufaktivität während der Brunst zunutze (KIDDY, 1977; SCHOFIELD et al., 1991; ROTH et al., 1987; LIU und SPAHR, 1993, WANGLER et al., 2005; TOBER et al., 2009), während das „Heat-watch-System“ über einen Drucksensor am Schwanzansatz die Aufsprungaktivitäten misst (BAILEY et al., 1995; XU et al., 1998; DRANSFIELD et al., 1998; BECKER et al., 2005; WALKER et al., 1996). SAKANTI et al. (2016) führten an Rindern der Rasse Black Japanese eine Messung der Vaginaltemperatur durch und eruierten einen jahreszeitlich unabhängigen Anstieg der Vaginaltemperatur als zuverlässigen Östrusdetektor. Eine weitere Variante ist die elektrische Widerstandsmessung des Vaginalsekrets, bei der niedrige Werte bis 40 Ohm auf Brünstigkeit deuten (LEIDL und STOLLA, 1976; SENGER, 1994). BRUYERE et al. (2012) selektierten per Videoüberwachungssystem brünstige Tiere. Bei der Milchprogesteronbestimmung, für die es mittlerweile auch einfache Schnelltests gibt, wird untersucht, ob sich auf dem Ovar ein aktiver Gelbkörper befindet (JAINUDEEN und HAFEZ, 2000; RIOUX und RAJOTTE, 2004). Ist dies nicht der Fall, so kann das auf eine mögliche Brunst deuten (NEBEL et al., 1987; FIRK et al., 2002). Eine geringe Absenkung der Milchleistung mit anschließender Steigerung zu Östrusbeginn kann zusätzlich als Brunstindikator dienen (SCHOFIELD et al., 1991).

2.3.2 Verzögerte Ovulation

Ein weiterer wichtiger Effekt, der vor allem in den letzten Jahren die Fruchtbarkeitsleistung zunehmend negativ beeinflusst, ist das Phänomen der verzögerten Ovulation. Dabei handelt es sich um das Persistieren des Follikels mit anschließender Ovulation zwölf Stunden nach Brunstende oder später (FAHRBACH, 1981; SARMENTO, 2004). In der Literatur klaffen die Ansichten über die genaue

Definition der verzögerten Ovulation oft weit auseinander. Während ROINE (1973), LEIDL et al. (1979) und STEINHAEUER (2000) bei einer Ovulation später als 24 Stunden nach der Besamung von verzögerter Ovulation sprechen, räumen BOSTEDT et al. (1977) und GRUNERT (1977) einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden post inseminationem ein. Der Anteil der betroffenen Tiere in untersuchten Rinderbeständen wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. In FAHRBACHS Untersuchungen 1981 wiesen 26,6 % der Tiere eine verzögerte Ovulation auf. LEIDL et al. (1979) untersuchten 818 Rinder, von denen 18,8 % nach 24 Stunden noch keine Ovulation zeigten. Auf den niedrigsten Anteil an betroffenen Tieren kamen BOSTEDT et al. (1977). In Ihren Untersuchungen an 850 Tieren konnten sie lediglich bei 9 % nach 48 Stunden postinseminationem keine Ovulation nachweisen. SARMENTO (2004) stellte fest, dass 46,1 % der Tiere in den untersuchten Beständen betroffen sind. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine verzögerte Ovulation beim Rind nachzuweisen. Während viele Autoren einen Progesterontest zum Nachweis einer verspäteten Progesteronsynthese im Gelbkörper nutzten und somit auf eine verlängerte Follikelphase schlossen (APPLEYARD und COOK, 1976; SENGER et al. 1988; ROSSOW, 2006; PETERSSON et al., 2008), empfiehlt Grunert (1977) mehrere Follikelkontrollen nach der Besamung im Rhythmus von 12 bis 24 Stunden. Symptomatisch ist eine verzögerte Ovulation durch verlängerte Brunst und mangelnde oder nicht zeitgerechte LH-Ausschüttung gekennzeichnet. Sie ist häufiger bei Färsen zu beobachten (GRUNERT, 1999b). Die Ursachen liegen sehr breit gestreut und werden von verschiedenen Autoren unterschiedlich gewichtet. Tabelle 3 gibt eine Übersicht, wo die einzelnen Autoren die Ursachen für das Auftreten der verzögerten Ovulation sehen.

Tabelle 3: Ursachen der verzögerten Ovulation beim Rind nach verschiedenen Autoren

Ursachen	Autor
Stallhaltung, Genetik, steigende Milchleistung, Energiemangel, β -Carotinmangel, Proteinmangel, Phosphormangel, Jodmangel, Manganmangel	BUSCH, 1995
kurze Rastzeit, Fütterungsfehler (v. a. einseitige Silagefütterung), sehr niedrige Wintertemperaturen, Alter (Färsen), chronische Krankheiten, Gestagenverabreichung länger als 18 Tage	GRUNERT, 1999b
einseitige Silagefütterung	LOTTHAMMER und RIGELNIK, 1970
„scheinbare“ verzögerte Ovulation durch: ungenügende Brunstbeobachtung und dadurch falscher Besamungszeitpunkt, größere individuelle Variationsbreite des Ovulationszeitpunktes	BOSTEDT et al., 1977; SARMENTO, 2004
Kupfermangel	VAN RENSBURG, 1961
hohes Alter, genetische Disposition	VAN RENSBURG und DE VOS, 1962
β -Carotinmangel über 48 Wochen	SCHAMS et al., 1977b
Manganmangel	HIGNETT, 1941
Vitamin-A-Mangel, β -Carotinmangel	MEYER et al., 1976
Energiemangel	WEHREND und BOSTEDT, 2005; WATHES et al., 2007
subklinische Ketose	LAVON et al., 2016

Während GRUNERT (1999b) niedrige Temperaturen im Winter, Alter, chronische Krankheiten und kurze Rastzeit nennt, steht für BUSCH (1995) eine genetische Prädisposition und Stallhaltung im Vordergrund. Beide sehen eine weitere wichtige Ursache in der Fütterung (β -Carotin-, Protein-, Phosphor-, Jod-, Mangan-, und Energiemangel), was auch durch verschiedene andere Autoren bestätigt wird (HIGNETT, 1941; VAN RENSBURG, 1961; MEYER et al., 1976; LOTTHAMMER und RIGELNIK, 1970). Energiemangel als wichtiger Faktor im Zusammenhang mit dem

Auftreten der verzögerten Ovulation konnte auch durch WEHREND und BOSTEDT (2005) nachgewiesen werden. Sie verabreichten im Versuch 10 Milchkühen eine fünfprozentige Glukoseinfusion am 18., 19. und 20. Zyklustag. Eine Verkürzung der Zykluslänge und deutlichere Ausprägung der Brunstsymptome wurde erzielt. WATHES et al. (2007) beschreiben eine verminderte IGF1-Bioverfügbarkeit als Ursache für ein verzögertes Follikelwachstum und daraus resultierende verzögerte Ovulation. LAVON et al. (2016) vermuteten in ihrer Studie ,dass die gehäuft auftretende verzögerte Ovulation bei Kühen in subklinischer Ketose durch einen verminderten präovulatorischen LH-Peak verursacht wird.

BOSTEDT et al. (1977) unterscheiden zwischen tatsächlicher verzögerter Ovulation als Follikulopathie und einer scheinbaren verzögerten Ovulation durch Besamungsfehler (mangelnde Brunstbeobachtung) und tierindividuelle physiologische Variationsbreite des Ovulationszeitpunktes.

Ob die Fruchtbarkeit durch die verzögerte Ovulation beeinträchtigt wird oder nicht, hängt vom Schicksal des Follikels ab (GRUNERT, 1999b). Die Kuh kann trächtig werden, wenn innerhalb von 24 Stunden eine Ovulation stattfindet oder eine Doppelbesamung durchgeführt wird. Meist bleibt eine Insemination jedoch erfolglos, weil der Follikel in seiner Entwicklung stagniert, atresiert oder sich eine Zyste bildet, also keine Ovulation stattfindet. In den Untersuchungen von SARMENTO (2004) lag die Trächtigkeitsrate bei betroffenen Tieren mit 34,2 % etwa 10 % niedriger als bei gesunden Kühen (46,1 %). BOSTEDT et al. (1977) dagegen ermittelten bei Rindern mit verzögerter Ovulation eine Trächtigkeitsrate von 31,3 %, bei gesunden Tieren lag der Wert bei 61,2 %.

2.3.3 Energetische Versorgung

Die Energiebilanz der Kuh post partum ergibt sich aus der Energieaufnahme über das Futter sowie Energiebereitstellung durch Körperfettmobilisation und dem Energieverbrauch aus Erhaltungsbedarf, Milchleistung und eventuell beginnendes fetales Wachstum.

Aus zahlreichen Untersuchungen verschiedenster Autoren geht hervor, dass sich Kühe post partum in einer ausgeprägten Energiemangelsituation befinden (HUTJENS, 1996; BLUM, 2004; SUTHAR et al., 2012; GAILLARD et al., 2016). Ein entscheidender Faktor bei der Entstehung von postpartalen Fruchtbarkeitsdefiziten scheint die enge Verknüpfung von postpartalen Stoffwechselreaktionen und Energiebilanz mit der Fruchtbarkeitsleistung zu sein (OPSOMER et al., 2000; ROCHE, 2006). Nicht die mangelnde Energiezufuhr selbst ist dabei auslösendes

Moment, sondern das zeitliche Zusammentreffen von biochemischen und endokrinen Veränderungen mit einer negativen Energiebilanz (LEROY et al, 2006). Durch Kombination dieser drei Faktoren kann es zu Störungen in der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse kommen, woraus eine Beeinträchtigung der Oozytenentwicklung und des Follikelwachstums, sowie eine Minderproduktion von Progesteron im Corpus luteum resultiert (OPSOMER et al., 2000; ROCHE, 2006; LEROY et al., 2008b).

2.3.3.1 Stoffwechselfvorgänge in der Frühaktation

BLUM (2004) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass in der Phase der frühen Laktation, also in einem Zeitraum besonders hoher Milchleistung, in der Milchdrüse vor allem anabole Stoffwechselfvorgänge ablaufen, während in den anderen Organen katabole Prozesse vorliegen, die durch Körperfettabbau gekennzeichnet sind. Die Glukoneogenese wird erhöht, und gleichzeitig die Glukoseoxidation verringert. Laufen die katabolen Vorgänge zu lange oder zu intensiv ab, so kommt es zu ausgeprägten Stoffwechselstörungen, verringerter Milchleistung und Reproduktionsstörungen (BLUM, 2004). CASTRO et al. (2012) schlussfolgern aus ihren Untersuchungen, dass die Ovarfunktion postpartum entscheidend durch den Energiestatus während der Trockenstehperiode beeinflusst wird.

Bei der Körperfettmobilisation werden Esterbindungen zwischen Glycerin und Fettsäuren gespalten. Während das freie Glycerin in den Glukosestoffwechsel eingehen kann, werden die freien Fettsäuren über Acetyl-Co-A in den Citratzyklus eingeführt und dienen so der Energiegewinnung. Nachweisen lässt sich das Energiedefizit somit über eine erhöhte Konzentration nicht veresterter Fettsäuren und Acetacetat im Blut (LJOKJEL et al., 1995), sowie über geringe Proteinwerte in der Milch (MIETTINEN und SETALÄ, 1993) und niedrige Milchfettprozente (DEVRIES und VEERKAMP, 2000). Niedrige Insulinblutkonzentrationen, ein zu Gunsten von Glucagon verschobenes Insulin-Glucagon-Verhältnis und ein hoher Blutspiegel an Wachstumshormon begünstigen die Fettmobilisation (DRACHLEY, 2004; ULBRICH et al., 2004). Die Freisetzung nicht veresterter Fettsäuren ist umso stärker, je intensiver die negative Energiebilanz ist (DRACKLEY, 2004; ULBRICH et al., 2004). Die frei gewordenen Fettsäuren werden in der Leber im Citratzyklus oxidiert und es entsteht Kohlenstoffdioxid oder sie werden erneut verestert, wobei Triglyceride entstehen (EMERY et al., 1992). Wird die Leber jedoch durch zu intensiven Körperfettabbau mit nicht veresterten Fettsäuren überschwemmt, so werden diese nur unvollständig abgebaut und es entstehen Ketonkörper. Nicht selten korreliert ein

vermehrter Abbau von Körperfett mit einer verminderten Fruchtbarkeitsleistung (MANSFELD und HEUWIESER, 1992).

2.3.3.2 Glukosestoffwechsel der Milchkuh

Grundsätzlich gibt es für das Rind zwei Möglichkeiten für die Glukosegewinnung und damit für die Energiebereitstellung. Zum einen die Glukoseaufnahme über das Futter und anschließende Resorption aus dem Darm in das Blut. Andererseits kann in der Leber über den Prozess der Glukoneogenese Glukose bereitgestellt werden. Kurz nach dem Abkalben ist das Futteraufnahmevermögen der Kuh noch vermindert (BERTICS et al., 1992).

Die Futterpassagerate im Pansen ist post partum zunächst vermindert, wodurch vermehrt Stärke bereits im Pansen abgebaut wird und nur ein geringer Stärkeanteil zur Resorption im Dünndarm zur Verfügung steht (SCHWARZ, 2014). Hierdurch steht dem Rind weniger Glukose aus der Futterration zur Verfügung. Aus diesem Grund ist die Milchkuh besonders zu Beginn der Laktation vermehrt auf die Glukoneogenese angewiesen. Abbildung 1 gibt zunächst einen Überblick über die Zusammenhänge einiger für den Glukosestoffwechsel wichtiger Vorgänge.

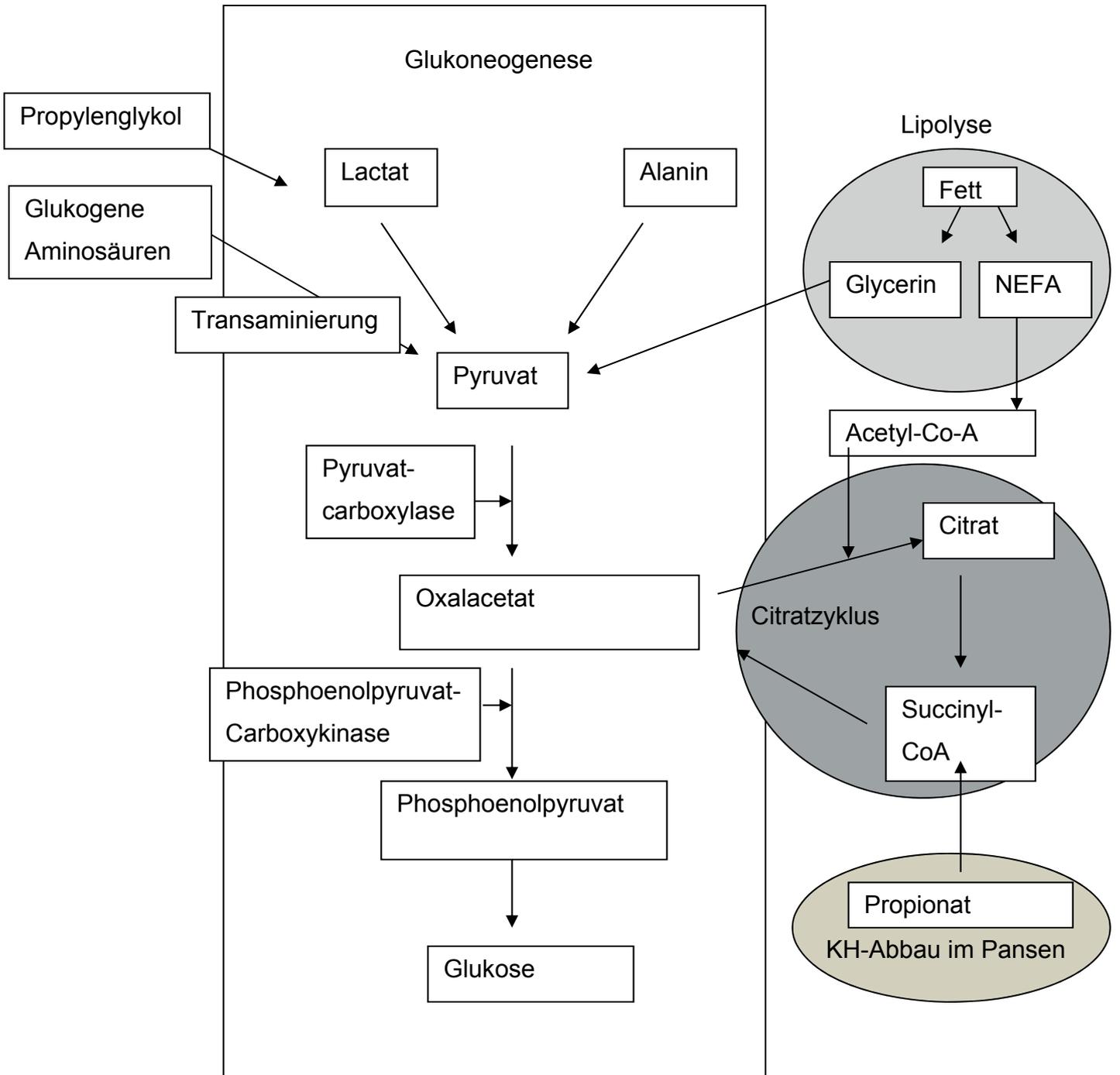


Abbildung 1: Glukosestoffwechsel der Milchkuh und die Interaktion mit der Lipolyse und dem Citratzyklus, modifiziert nach LÖFFLER und PETRIDES, 1998.

Laut LÖFFLER und PETRIDES (1998) laufen folgende Prozesse während der Glukoneogenese ab: Aus Pyruvat entsteht über Oxalacetat Phosphoenolpyruvat, woraus über weitere Zwischenprodukte Glukose gewonnen wird. Das Rind hat verschiedene Möglichkeiten Pyruvat beziehungsweise Oxalacetat für diese Reaktionen zur Verfügung zu stellen. So kann aus verabreichtem Propylenglykol über das Zwischenprodukt Laktat Pyruvat entstehen. Auch aus Glycerin kann über verschiedene Zwischenstufen Pyruvat synthetisiert werden. Eine weitere Pyruvatquelle stellen glukogene Aminosäuren, wie Alanin, Glutamat, Glutamin, Serin und Glycin dar. Propionat, das beim Kohlenhydratabbau im Pansen entsteht, kann über Succinyl-Co-A im Citratzyklus zu Oxalacetat umgewandelt werden. VELEZ und DONKIN kamen 2005 auf die Idee die Intensität der Oxalacetat- und damit indirekt auch der Pyruvatbildung aus glukoplastischen Substanzen über die Enzymaktivität zu ermitteln. In ihren Untersuchungen konnten sie nach fünftägiger Futterrestriktion einen deutlichen Anstieg der Pyruvatcarboxylase nachweisen, der anschließend wieder auf Normalniveau absank. Für die Phosphoenolpyruvatcarboxykinase konnte keine Aktivitätsveränderung nachgewiesen werden. Diese Aussage deckt sich mit den Ergebnissen von GREENFIELD et al. (2000). Sie wiesen einen Anstieg der Pyruvatcarboxylasepost partum nach, der nach 28 beziehungsweise 59 Tagen wieder Ausgangswerte erreichte.

Die bei der Lipolyse entstehenden nicht veresterten Fettsäuren werden zu Acetyl-Co-A umgebaut und treten anschließend in den Citratzyklus ein, wo sie mit Oxalacetat zu Citrat reagieren (LÖFFLER und PETRIDES, 1998). Den gleichen Reaktionsweg durchlaufen Essigsäure und Buttersäure, die im Pansen entstehen. Fehlen Substanzen, aus denen Oxalacetat synthetisiert wird, so kann Acetyl-Co-A nicht in den Citratzyklus eintreten und es kommt im Zusammenhang mit einem gesteigerten Fettabbau zur Bildung von Ketonkörpern: Acetaceton, Aceton und Betahydroxybutyrat (LÖFFLER und PETRIDES, 1998). Dies kann zur Entstehung einer Ketose beitragen.

2.3.3.3 Einfluss der negativen Energiebilanz auf die Fruchtbarkeit

Die Fruchtbarkeit wird durch eine negative Energiebilanz, die damit einhergehende gesteigerte Lipolyse und daraus resultierende Ketose negativ beeinflusst (SENATOR et al., 1996; BEAM und BUTLER, 1997; KADOKAWA und YAMADA, 1999; WATHES et al., 2007; SUTHAR et al., 2012). Eine verminderte Fertilität infolge negativer Energiebalance äußert sich vorwiegend in verzögertem Einsetzen der ersten

Ovaraktivität nach der Kalbung (BUTLER, 2000), verminderter Oozytenqualität (LEROY et al., 2008b) sowie erhöhten Embryonalverlusten (LUCY, 2001).

BUTLER und SMITH (1989) untersuchten die Auswirkung einer Energiemangelsituation post partum auf die Fruchtbarkeit. Dabei erforschten sie den Zusammenhang zwischen der Anzahl an Ovarzyklen bis zur Besamung während der Hochlaktation und der Konzeptionsrate. Die Autoren stellten eine positive Korrelation zwischen dem Erstbesamungserfolg und einem hohen Körpergewicht vor der Abkalbung, der Anzahl der Zyklen präinseminationem, einem Ausgleich der negativen Energiebilanz in den ersten 4 Wochen post partum und einer geringen Anzahl an Tagen bis zur ersten Ovulation fest. LJOKJEL et al. (1995) beobachteten 34 Kühe in den ersten 12 Laktationswochen auf einen Zusammenhang zwischen Energieversorgung und Ovaraktivität. Dabei erkannten sie eine verlängerte anovulatorische Phase post partum und verminderte Progesteronsekretion in der ersten Lutealphase bei Kühen mit erhöhter Konzentration an nicht veresterten Fettsäuren und Acetacetat, also Tiere mit negativer Energiebilanz. Verschiedene Autoren beobachteten, dass es bei zyklischen Kühen durch ein Energiedefizit in der frühen Laktationsphase zum Anöstrus kommt (JOHNSON, 1987; BURNS et al., 1997; BISHOP und WETTEMANN, 1993; SCHRICK et al., 1992). Einige von ihnen berichten über einen Verlust von 19 – 30 % der Körpermasse, ab dem ein deutlicher Anöstrus zu verzeichnen ist (CHAGAS et al., 2007). Der Gewichtsverlust gemessen als Body Conditions Score (BCS) zählt als Indikator der negativen Energiebilanz. Einen interessanten Zusammenhang zwischen Energiestatus und der Ovarfunktion stellten CASTRO et al. 2012 her. Die Forscher analysierten bei 23 Kühen in einem Zeitraum von 8 Wochen vor der Geburt bis 8 Wochen postpartum den Energiestatus über die Bestimmung von Glukose, Insulin, IGF und weiteren Hormonen und Metaboliten. Anhand der Progesteronkonzentration wurde die Ovaraktivität ermittelt und die Probanden in ovulierende und anovulatorische Kühe unterteilt. Postpartal zyklische Tiere zeigten in der präpartalen Energiebilanz sowie bei der postpartalen Körperkondition bessere Werte, als anovulatorische Rinder. Die Gentranskription verschiedener metabolischer Schlüsselmoleküle (Rezeptoren, Enzyme) stieg ante partum in der Leber bis zur Geburt an. Bei ovaraktiven Kühen wurde dieses Niveau der Gentranskription auch post partum gehalten, während es bei anovulatorischen Tieren in der Frühlaktation absank. Die Verfasser kamen zu der Erkenntnis, dass bereits der Energiestatus in der Trockenstehperiode die Ovaraktivität post partum beeinflusst.

GAILLARD et al. (2016) untersuchten an 62 Friesisch Holstein Kühen den Zusammenhang zwischen Lebendmassezuwachs, Anzahl der Zyklen post partum und Ausprägung der Brunstsymptome und Milchleistung. Rinder mit einem negativen Lebendmassezuwachs in den ersten 5 Wochen post partum zeigten niedrigere IGF1-Blutkonzentrationen bei höherer Milchleistung im Vergleich zu Probanden mit positivem Lebendmassezuwachs. Gleichzeitig stellten die Autoren eine signifikant deutlichere Ausprägung der Brunstsymptome im 8. Zyklus post partum im Vergleich zu geburtsnahen Östren fest, unabhängig vom Gewichtszuwachs der Kühe. Der erste Östrus post partum setzte bei allen untersuchten Tieren unabhängig von der Energiebilanz etwa am 55. Tag post partum ein. Auch sank bei allen Versuchstieren in jedem der acht Zyklen die Milchleistung während des Östrus um 0,56 kg/ Tag.

Das Energiedefizit vor allem in den ersten 3 Wochen post partum beeinflusst deutlich die Follikelentwicklung (HUTJENS, 1996). Die Länge der Azyklie post partum wird von verschiedenen Faktoren wie Fütterung, Milchleistung, Körperkondition, Alter, Saugstimulus durch das Kalb, Dystokie und Vorgänge am Uterus beeinflusst (ZEMJANIS, 1961; LAMMING et al., 1981; TUCKER, 1982; CHAUHAN et al., 1984). Eine postpartale negative Energiebilanz wirkt sich stark auf die Follikelformations- und Lutealphase aus, wobei weniger der Beginn des Zyklus als vielmehr die Geschwindigkeit beeinflusst wird (ROSSOW, 2003a). BUTLER und SMITH (1989) und LUCY et al. (1991) sind jedoch der Meinung wenn es erst einmal gelungen ist die Zyklusaktivität in Gang zu setzen, so verläuft der Zyklus unabhängig von der Energiebilanz. LUCY et al. (1992) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass sich die Anzahl der kleinen Follikel (unter 9 mm) zu Gunsten der Anzahl an großen Follikeln (10 – 15 mm) vermindert, wenn sich der Energiemangel in den ersten 25 Laktationstagen verringert. Mit zunehmender Zeit, die seit der Abkalbung vergeht, reduziert sich jedoch dieser Einfluss der Energiesituation auf die Follikelentwicklung. Des Weiteren zeigte sich bei Rindern mit ausgeglichener Energiebilanz der dominante Follikel aktiver und somit bildeten sich kleinere Follikel zurück. Bei Tieren mit negativer Energiebilanz wuchsen auch kleinere Follikel weiter und gleichzeitig verlangsamte sich die Größenzunahme des dominanten Follikels.

SMITH und CHASE (1989) führten Untersuchungen durch, bei denen sie feststellten, dass sich besonders der Grad der negativen Energiebilanz während der ersten drei Wochen post partum auf die erste Ovulation nach der Kalbung auswirkt. Sie konnten beweisen, dass es durch ein Energiedefizit zu einer erniedrigten LH-Pulsfrequenz kommt, in deren Folge sich der Zyklusbeginn verzögert. Dies konnten auch WATHES

et al. (2007) in ihrer Arbeit bestätigen. Der LH-Peak setzt später ein und seine Amplitude ist erniedrigt (SCHILLO, 1992). BUTLER und SMITH (1989) dagegen beschreiben bei Energiemangel eine erhöhte LH-Pulsamplitude bei ebenfalls verminderter Pulsfrequenz. Sinkt die LH-Pulsfrequenz auf unter einen Puls pro Stunde, so kommt es zur Follikelatresie (SCHILLO, 1992; LAMMING et al., 1982). Die hypophysäre LH-Sekretion nimmt in den ersten zwei bis drei Wochen post partum wieder zu (FERNANDES et al., 1978; EDGERTON und HAFS, 1973). Die Gründe hierfür sind verschieden. Zum einen sprechen LH-sezernierende Zellen im Hypophysenvorderlappen etwa 10 Tage nach dem Kalben wieder vermehrt auf Gonadotropin-Releasing-Hormon an. Zum anderen sinkt die Konzentration von Östradiol auf Basiswerte ab, wodurch sich seine hemmende Wirkung verliert (STEVENSON und BRITT, 1979). Als einer der bedeutendsten regulierenden Mechanismen zwischen Reproduktion und Energiebilanz fungiert also die neuroendokrine Kontrolle der LH-Freisetzung (SCHILLO, 1992). Beeinflusst wird die LH-Freisetzung nach SCHILLO (1992) auch durch Hormone und Metaboliten im Blutkreislauf (insbesondere Insulin, Aminosäuren und nicht veresterte Fettsäuren), die als Botenstoffe fungieren. Im Hungerzustand sinkt die Sekretion von Insulin im Pankreas. Die niedrige Insulinkonzentration führt im Ovar zur verminderten Ansprechbarkeit für gonadotrophe Reize. Insulin kann die Blut-Hirn-Schranke passieren und somit über Insulinrezeptoren im Hypothalamus direkt auf die Sekretion von GnRH wirken (VAN HOUTEN et al., 1979). Des Weiteren wirkt es im Ovargewebe auf steroidogene Enzyme, die Rezeptorenanzahl für Gonadotropine und erhöht die Zellaktivität (BUTLER und SMITH, 1989).

Bei eingeschränkter Insulinsekretion in einer Energiemangelsituation sinkt auch die Konzentration an Insulin-like-growth-factor (IGF) (SPICER et al., 1990; VANDEHAAR et al., 1995). Die zirkulierende IGF-Konzentration spielt eine zentrale Rolle in der Fruchtbarkeitsleistung bei Hochleistungsrindern (LEROY et al., 2008a). Insulin-like-growth-factors wirken ähnlich dem Insulin (FRAGO und CHOWEN, 2005) und beeinflussen Differenzierung, Proliferation und Hypertrophie unterschiedlichster Zellarten, sowie Wachstum (OKSBJERG et al., 2004, NARAYANAN et al., 2013), Embryonalentwicklung (ASHWORTH et al., 2005; BONILLA et al., 2011; VELAZQUES et al., 2008), Laktation und Reproduktion (PUSHPAKUMARA et al., 2002; VELAZQUES et al., 2008; LUCY, 2011). Ein Absinken der IGF-Konzentration mindert die Anzahl und Größe der Follikel, da IGF verantwortlich ist für Follikelreifung und Follikelwachstum, sowie für die Qualität des dominanten Follikels und der Oozyste ist (RYAN et al., 1994; LUCY, 2000, SHAHIDUZZAMAN et al. 2010). Des

Weiteren wird durch den IGF-Mangel die Wirksamkeit von FSH gesenkt, indem die Ansprechbarkeit der Granulosazellen auf IGF sinkt (HAMILTON et al., 1999). Beim Rind aktiviert IGF-1 die Steroidsynthese in Lutein- und Granulosazellen. Die IGF-Plasmakonzentration ist abhängig von dem Energiestatus der Kuh (CHIESA et al., 1991). SPICER et al. (1990) ermittelten bei Kühen mit negativer Energiebilanz in den ersten drei Laktationsmonaten deutlich niedrigere IGF-Werte und niedrigere Progesteronplasmakonzentrationen als bei Tieren mit positiver Energiebilanz. Diese Ergebnisse wurden durch weiterführende Untersuchungen von VANDEHAAR et al. (1995) weiter differenziert. Die Wissenschaftler erkannten, dass bei negativer Energiebilanz zwar die IGF-Konzentration in der Leber sank, jedoch im Corpus luteum unverändert blieb. Allerdings konnten bei diesen Tieren erheblich kleinere Gelbkörper festgestellt werden. Dies deutet auf einen endokrinen Regulationsmechanismus durch IGF, indem bei niedriger IGF-Konzentration in der Leber das Gelbkörperwachstum vermindert wird (VANDEHAAR et al., 1995). Auch in einer aktuellen Studie von GAILLARD et al. (2016) wurden bei Rindern mit negativen Lebendmassezuwachs während der ersten 5 Wochen post partum erniedrigte IGF1-Blutkonzentrationen gemessen. ROBINSON et al. (2005) vermuteten einen Zusammenhang zwischen Faktoren, die unter negativer Energiebilanz die Ausreifung der Oozyte vor der Ovulation verhindern und denen, die die Ausdifferenzierung von Theka- und Granulosazellen und damit die Entwicklung des Gelbkörpers negativ beeinflussen. Auch in der Follikelflüssigkeit sinkt die IGF-Konzentration bei Energiemangel (HAMILTON et al., 1999). FENWICK et al. (2008) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Schluss, dass bei Stoffwechsellibancen unter negativer Energiebilanz die IGF-Produktion so stark beeinflusst wird, dass in Ovidukt und Uterus ein für eine Nidation ungeeignetes Milieu entsteht und somit die Fruchtbarkeit beim Milchrind sinkt. SPICER und CHAMBERLAIN (2000) erkannten, bei Rindern mit normal verlaufendem Zyklus einen physiologischen Anstieg der Östrogenkonzentration im Ovar. Dieser führte zu einer verminderten IGF-Synthese. Hierin sahen die Autoren eine physiologische Regelfunktion, um eine voreilige Zellteilung im ovulierenden Follikel zu vermeiden. Die IGF-Aktivität wird durch die Futteraufnahme des Muttertieres beeinflusst, wodurch das Wachstum des Trophoblasten reguliert wird. COLAK et al. (2011) untersuchten in ihrer Studie den Einfluss von Östradiol auf Wachstumshormone, IGF-1 und Genexpression und stellten die Hypothese auf, dass die Blutkonzentration metabolischer Hormone abhängig von der Energiebilanz schwankt und somit Einfluss auf die Ovarfunktion nimmt. Des Weiteren vermuteten die Verfasser komplexe Regulationsmechanismen

zwischen Stoffwechsel und Reproduktion. MC CARTY et al. (2012) erkannten in ihren Untersuchungen ein progesteronabhängiges Absinken der endometrialen Genexpression von IGF-1 sowie einen Anstieg der IGF-Bindungsprotein-Genexpression während der Frühträchtigkeit und vermutet einen Einfluss auf das Längenwachstum des Embryos. Diese Erkenntnisse decken sich mit den Untersuchungsergebnissen von FENWICK et al. (2008) und O'HARA et al. (2014). Zu ähnlichen Befunden kamen auch Qiu et al. (2012) bei Untersuchungen an schwangeren Frauen, bei denen in der frühen Schwangerschaft erhöhte Blutkonzentrationen an IGF-Bindungsprotein gemessen wurden.

BUTLER und SMITH (1989) ermittelten die erste Ovulation etwa 10 Tage, nachdem das Energiedefizit seinen Tiefpunkt erreicht hatte. Sie bezeichneten das Überwinden des Nadirs als Signal zur Aufnahme der Ovaraktivität. Auch ZUREK et al. (1994) konnten dieses Ergebnis bestätigen. BEAM und BUTLER (1997) erklärten das Ausbleiben einer Ovulation in der ersten Follikelwelle außer mit dem verzögerten Erreichen des Energietiefpunktes, mit kleineren Follikeldurchmessern und einer geringeren IGF-1- und Östrogenplasmakonzentration. DE VRIES und VEERKAMP (2000) gingen davon aus, dass weniger der Zeitpunkt der niedrigsten Energiebilanz, als vielmehr der Betrag des Tiefpunktes entscheidend für eine einsetzende Ovaraktivität ist. Sie fanden heraus, dass eine Verminderung dieses Energiebetrages um 10 MJ zu einer Verzögerung der Ovaraktivität um 1,25 Tage führt. COLLARD et al. (2000) konnten in ihren Untersuchungen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Energiebilanz und Zeitraum bis zur ersten Ovulation post partum und Besamungserfolg feststellen. Jedoch zeichnete sich in ihren Ergebnissen eine Beziehung zwischen Energiebilanz und Fruchtbarkeitsstörungen wie Metritiden und Uterusinfektionen ab. Sie erklärten dies damit, dass Rinder mit gestörter Fruchtbarkeit eher ihre negative Energiebilanz auszugleichen versuchen und somit weniger Milch geben, um den Energiebedarf zu senken. WATHES et al. (2007) untersuchten 2 Wochen post partum Gewebeproben und stellten in Uterusproben von Tieren in hochgradiger negativer Energiebilanz, deutlichere Entzündungszeichen als bei Tieren mit leichtem Energiedefizit. Die Autoren vermuteten hierin die Ursache für die verzögerten Uterusrückbildungsprozesse bei stark negativer Energiebilanz und daraus resultierender schlechtere Fertilitätsleistung. Im Energiemangel kommt es zu einer gesteigerten Lipolyse und somit zur Anreicherung von nicht veresterten Fettsäuren (NEFA), wodurch es nach KANEENE et al. (1997) gehäuft zu Metritiden und Nachgeburtverhalten kommt. COLLARD et al. (2000) sehen einen

Zusammenhang zwischen Energiebilanz, Verdauungsstörungen und Lahmheiten. Sie beobachteten, dass die Futtermationen für Hochleistungskühe einen erhöhten Energiegehalt haben, wodurch jedoch der Rohfasergehalt sinkt. Dies bewirkt eine verminderte Wiederkauaktivität und zu geringe Salivation. Hierdurch sinkt der pH-Wert im Pansen ab und gleichzeitig reichern sich Histamine und Toxine im Blutkreislauf an. Es kommt zu Erkrankungen des Verdauungsapparates (zum Beispiel Ketose) und des Bewegungsapparates (Klauenrehe).

Überkonditionierte Hochleistungsrinder neigen in der Früh lactation zu verminderten Appetit und damit verminderter Trockensubstanzaufnahme (SÜDEKUM, 1999; BUTLER, 2000). Es kommt zur gesteigerten Lipolyse und daraus resultierendem Anstieg der Konzentration freier Fettsäuren (ROSSOW, 2003b). Einige Autoren sehen Ursache und Wirkung jedoch in umgekehrter Reihenfolge. So gehen INGVARTSEN und ANDERSEN (2000), sowie OHGI et al. (2005) und STÜRMER (2009) davon aus, dass durch eine erhöhte Konzentration freier Fettsäuren die peripartale Trockensubstanzaufnahme sinkt.

Durch den Energiemangel wird eine Fettmobilisation begünstigt, wodurch das Ketoserisiko steigt. Eine Ketose wirkt sich deutlich negativ auf die Fruchtbarkeitsleistung aus (FÜRLL, 2000). SUTHAR et al. (2012) beobachteten bei 21,5 % der untersuchten Rinder eine subklinische Ketose. Bis zu 11,1 % der Tiere zeigten eine klinische Ketose. Besonders Hochleistungsrinder und Tiere in der Transitphase weisen eine negative Energiebilanz auf, die eng korreliert mit dem Auftreten von Stoffwechselerkrankungen, wie Milchfieber, subklinische Hypocalzämie, Mastitis, Metritis und Ketose (KARA, 2013).

Um den Energiemangel post partum auszugleichen, beziehungsweise vorzubeugen, ist es wichtig die Trockenmasse- und Energieaufnahme zu erhöhen. Eine Steigerung der Energiedichte durch mehr Krafftutter ist jedoch nur begrenzt möglich, aufgrund der erhöhten Gefahr einer Pansenazidose.

2.4 Einsatz von Propylenglykol beim Milchrind

Zahlreiche Studien über den Einsatz von Propylenglykol in der Milchviehwirtschaft diskutieren die Effekte auf Fertilitäts- und Milchleistung sowie Ketoseprophylaxe mitunter recht kontrovers.

Grundsätzlich gilt, dass Propylenglykol umso besser wirken kann, je größer das tatsächliche Defizit an Energie ist (GASTEINER, 2003). Dabei ist die von dem einzelnen Tier wirklich aufgenommene Nährstoffmenge entscheidend und nicht etwa die berechnete Ration.

Laut HÜNNINGER und STAUFENBIEL (1999) sollten 2 Wochen vor der Abkalbung täglich 100 g Propylenglykol, ein bis drei Wochen postpartum 200 - 220 g Propylenglykol gefüttert werden, wodurch das Ketoserisiko von 5,37 % auf 0,91 % sinkt und gleichzeitig die Milchleistung um bis zu 2,1 kg pro Tier und Tag steigt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die von HÜNNINGER und STAUFENBIEL (1999) empfohlene Menge Propylenglykol während der verschiedenen Laktationsstadien.

Tabelle 4: Dosierungsempfehlung für den prophylaktischen Einsatz von Propylenglykol beim Rind nach HÜNNINGER und STAUFENBIEL (1999)

Laktationsstadium	Propylenglykol pro Tier und Tag
Trockenstehende ab 3 Wochen a. p.	150 g
Post partum bis 4. Woche p. p.	250 g
2. bis 3. Monat p. p.	150 g

Die Frage, ob Propylenglykol als Drench direkt oder als totale Mischration verabreicht werden sollte wird in der Literatur unterschiedlich beantwortet. So geht SÜDEKUM (2002) beispielsweise davon aus, dass die Substanz im Geschmack zu bitter ist, um sie in die gesamte Ration einzumischen, da hierdurch die Gesamtfutteraufnahme sinkt. STAUFENBIEL (1999) hingegen empfiehlt Propylenglykol homogen in die Futterration einzumischen, vom Einmischen in eine Mischration rät jedoch auch er ab.

CHRISTENSEN et al. (1997) verglichen die Wirksamkeit von Propylenglykol in unterschiedlichen Darreichungsformen auf Ketoseparameter. Dabei stellten sie fest, dass Propylenglykol als Drench oder als Kraftfuttermischung getrennt von der Grundration deutlich bessere Ergebnisse erzielt, als Propylenglykol, welches in die Grundration eingemischt wird. PRIES et al. (2004) verabreichten Propylenglykol über das Mischfutter ohne auf Futteraufnahme Probleme zu stoßen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen LIU et al. (2009). Sie mischten 150 ml, 300 ml beziehungsweise 450 ml Propylenglykol per Hand in das obere Drittel der Tagesration ein, ohne eine Beeinträchtigung der Futteraufnahme zu beobachten. PIEPER et al. (2005) empfehlen zum Einsatz von Propylenglykol in der Ketoseprophylaxe das Einmischen von 8 % Propylenglykol in die Mischration, um in einer täglichen Futterration von 2 - 2,5 kg die empfohlene Menge von 150 bis 200 g Propylenglykol zu erhalten. CHUNG et al. (2009a) verglichen den Einsatz einer 65 %igen Propylenglykol-Trockensubstanz als Aufguss in die Totale Mischration (TMR) mit dem direkten Einmischen in die TMR. Zwischen beiden Methoden sowie im

Vergleich zur Kontrollgruppe konnte kein Unterschied in der Trockenmasse-Aufnahme festgestellt werden. Durch Einmischen von Propylenglykol in die Futterration konnte die subklinische Ketoserate von 39 % (Kontrollgruppe) auf 13 % gesenkt werden, beim Aufguss nur auf 24 %. Die Autoren betonten daher eine größere Effektivität des Einmischens in die TMR als beim Aufgießen. Eine Alternative stellt das Einmischen von Propylenglykol in das Tränkwasser dar. Im Vergleich zur Eingabe übers Futter kann geringfügig Propylenglykol eingespart werden, gleichzeitig steigt die Futteraufnahme um etwa 3 % bei unveränderter Milchleistung (FISCHER und SCHULZE, 2003). Zur Verabreichung über die Tränke muss die aufgenommene Tageswassermenge der einzelnen Leistungsgruppen bekannt sein. Vorteil dieser Methode ist eine unveränderte, meist sogar erhöhte Wasseraufnahme bei hohen Außentemperaturen, wohingegen die Futteraufnahme sinkt. Das Drenchen mit Propylenglykol ist nur zur Anwendung in kleinen Beständen oder an Einzeltieren geeignet, da es einen hohen Arbeitsaufwand und erhöhten Tierstress mit sich zieht.

Propylenglykol gehört in die Gruppe der glukoplastischen Verbindungen. Dies sind Substanzen, die schnell aus dem Pansen resorbiert werden und aus denen im Tier Kohlenhydratverbindungen, die für den Energiestoffwechsel zur Verfügung stehen (Glukoneogenese) synthetisiert werden. Dies verhindert die Bildung von Ketonkörpern (ULBRICH et al., 2004). Durch den Einsatz von Propylenglykol, Propionaten sowie Glycerin kann also die Glukoneogenese gesteigert werden, was besonders wichtig für Hochleistungskühe und tragende Tiere ist.

Propylenglykol ist eine farblose Substanz, die in festem oder flüssigem Aggregatzustand vorliegt. Die hydrophile, hygroskopische Verbindung mit der chemischen Formel $C_3H_8O_2$ wird sehr schnell aus dem Pansen resorbiert und von dort über das Blut in die Leber transportiert, wo sie für die Glukoneogenese zur Verfügung steht. Die Strukturformel von Propylenglykol wird in Abbildung 2 dargestellt. Propylenglykol (1,2-Propandiol) ist lagerstabil und sollte lichtgeschützt bei Temperaturen unter 40°C gelagert werden.

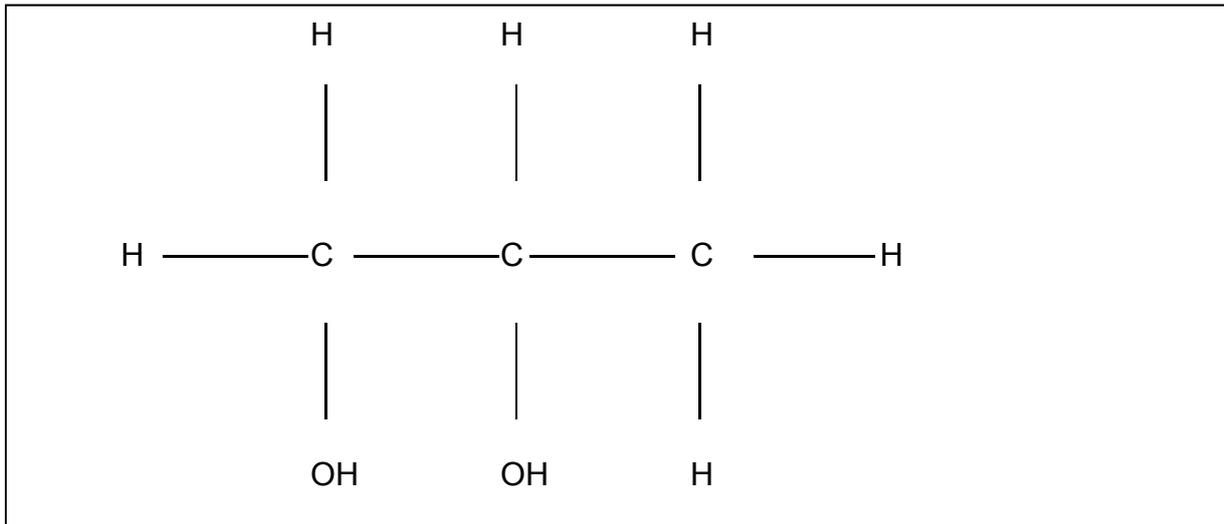


Abbildung 2: Strukturformel von Propylenglykol

Die Angaben über den Energiegehalt von Propylenglykol als Futtermittel für das Milchrind schwanken stark. Während über die Schätzformel für Mischfutter der GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2001) nur ein Wert von 9,8 MJ NEL/kg Propylenglykol errechnet wird, gehen PIEPER et al. (2005) sogar von einem Energiegehalt von 16,8 MJ NEL/kg Propylenglykol aus. Bis vor einigen Jahren fiel Propylenglykol als Zusatzstoff unter das Futtermittelgesetz und durfte nach Richtlinie 70/524/EWG nur mit maximal 12000 mg Propylenglykol pro Kilogramm lufttrockener Substanz eingesetzt werden. Das entsprach einer Propylenglykoldmenge von 270 g pro Tier und Tag bei 20 Kilogramm Trockensubstanz täglich. Mit der EU-Verordnung Nr.892/2010 wurde die Einstufung von Propylenglykol als Futterzusatzstoff aufgehoben. Dadurch hat Propylenglykol nun den Status eines Einzelfuttermittels. In der EU-Verordnung 68/2013, dem Katalog der Einzelfuttermittel, ist Propylenglykol unter Nummer 13.11.1 gelistet und darf ohne Mengenbegrenzung in der Fütterung eingesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine „United States Pharmacopeia“(USP)-Qualität der Substanz nach weltweitem Standard. Es ist genau geregelt, wie das Produkt zu Lagern, Transportieren, Handhaben und Verpacken ist, um diese pharmazeutische Qualität zu sichern. In der EU ist 1,2-Propandiol auch in der Lebensmittelindustrie unter der Bezeichnung E1520 als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen. Tabelle 5 gibt einen Überblick über Anwendungsgebiete von Propylenglykol in der Industrie.

Tabelle 5: Industrieller Einsatz von Propylenglykol, abgewandelt nach Zertifikate-BASF-1,2-Propandiol USP-Produktbeschreibung Pharmaqualität (2005)

Lösemittel für Druck- und Stempelfarben, die mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen
Bestandteil von Klebstoffen, z. B. für Lebensmittelverpackungen
Feuchthaltemittel für Korke, Zellglasfolien und Tabak
Reinigungsmittel von Maschinen der Nahrungsmittelproduktion
Schmiermittel für Maschinen, z. B. in der Nahrungsmittel-, Pharma- und Kosmetikindustrie
Bestandteil von Kühlflüssigkeiten in der Getränkeindustrie, z. B. Brauereien

2.5 Wirkung der Propylenglykolgabe beim Milchrind

Propylenglykol zählt, wie auch Laktat, Propionat und Glycerin, zu den glukoplastischen Substanzen, die laut ULBRICH et al. (2004) durch schnelle Resorption aus dem Pansen gekennzeichnet sind und als Substrat für die Glukoneogenese fungieren und somit eine Ketonkörperbildung deutlich verringern können (EMERY et al., 1964). KRISTENSEN und RAUN (2007) untersuchten die Verstoffwechslung von Propylenglykol beim Milchrind. So wird nur ein Teil der oral aufgenommenen Substanz im Pansen zu Propionat umgebaut, wodurch sich das Verhältnis der flüchtigen Fettsäuren zueinander verändert. Der zweite Teil des Propylenglykols wird nach Resorption im Pansen über Pyruvat zu Oxalacetat verstoffwechselt und geht in die Gluconeogenese ein.

Nach Propylenglykolfütterung zeigt sich ein Anstieg der Plasmainsulin- und Glukosekonzentration bei gleichzeitig forcierterem Absinken der Konzentration an nicht veresterten Fettsäuren und Betahydroxybutyrat (NIELSEN und INGVARTSEN, 2004; CHAGAS et al., 2007; RIZOS et al., 2008; CHUNG et al., 2009a, b; LIU et al., 2009; LOMANDER et al., 2012a; HUSSEIN et al., 2015; PIANTONI und ALLEN, 2015; BJERRE-HARPOTH et al., 2015). Der positive Effekt auf die Insulin- und Glukosekonzentration scheint auf der schnellen Verfügbarkeit von Propylenglykol zu beruhen (CHUNG et al., 2009a, b).

Laut FÜRLL (2000) besitzt Propylenglykol antiketogene und stoffwechselstabilisierende Wirkung. Dies konnten auch RIZOS et al. (2008) in ihrer Studie belegen. Probanden, die ab dem 7. Tag post partum einmal täglich 500 ml Propylenglykol verabreicht bekamen, zeigten höhere Plasmakonzentrationen an Insulin und Glukose und gleichzeitig einen stärkeren Abfall an NEFA- und BHB-Konzentration. Die Fruchtbarkeitsparameter blieben in dieser Untersuchung

unbeeinflusst. Eine deutliche Reduktion der Urinketonwerte von 41,5 mg/dl auf 15,2 mg/dl erreichten CHUNG et al. (2009a) durch Einmischen von 162,5 g Propylenglykol in die Futtermittelration während der ersten 3 Laktationswochen. Der Anteil an subklinischen Ketoseerkrankungen konnte von 39 % auf bis zu 13 % gesenkt werden. Einen positiven Effekt auf das Risiko überkonditionierter Kühe post partum an fettassoziierten Stoffwechselstörungen zu erkranken konnten BJERRE-HARPOTH et al. (2015) beweisen. Sie vermuteten eine durch Propylenglykol induzierte zweistufige Anpassungsreaktion an die veränderte Stoffwechsellage in der Früh-Laktation, indem der Nadir und der Peak der Glukose- und BHB-Konzentration reduziert werden. CHRISTENSEN et al. (1997) konnten den antiketogenen Effekt von Propylenglykol ebenfalls in ihrer Studie belegen. Sie verabreichten den Rindern der Versuchsgruppe täglich 300 g Propylenglykol, wodurch die Blutglukosekonzentration zwar nur gering von 3,65 mmol/l (Kontrollgruppe) auf 3,69 mmol/l anstieg, der Effekt auf die Insulinkonzentration mit einem Anstieg um 7,4 µU/ml auf 24 µU/ml jedoch signifikant war. Gleichzeitig konnte die Blutkonzentration an nicht veresterten Fettsäuren signifikant reduziert werden – von 183 µg/l in der Kontrollgruppe auf 161 µg/l bei Tieren, denen Propylenglykol verabreicht wurde. Die Betahydroxybuttersäurewerte im Blut wurden nur minimal gesenkt. CHRISTENSEN et al. (1997) konnten somit beweisen, dass durch den Einsatz von Propylenglykol die Blutglukose- und Insulinkonzentration deutlich ansteigt, während die Konzentration an nicht veresterten Fettsäuren und Ketönkörpern im Blut sinkt. Die Ergebnisse decken sich mit denen von SHINGFIELD et al. (2002), die den Kühen täglich 210 g Propylenglykol verabreichten. Bereits 15 Minuten nach oraler Propylenglykolgabe steigt die Blutinsulinkonzentration um 200 – 400 % an (STUDER et al., 1993), was eine sehr schnelle Resorption aus dem Pansen ersichtlich macht. PRANGE (2001) verabreichte 117 Milchkühen Propylenglykol im peripartalen Zeitraum. Sie mischte das Substrat über einen Zeitraum vom 13. Tag ante partum bis zum 10. Tag post partum in das Kraftfutter ein und konnte damit zwar eine Besserung einiger Blutparameter (NEFA, BHB, IGF-1) erwirken, jedoch nicht die Fruchtbarkeit beeinflussen.

HUSSEIN et al. (2015) erzielten in ihrer Arbeit ein reduziertes Ketoserisiko, verbesserte Stoffwechselstabilität und erhöhte Milchleistung durch täglichen Propylenglykoldrench (500 ml) in einem Zeitraum 10 Tage vor Geburtstermin bis 14 Tage post partum. Die 10 Milchbüffel der Studie zeigten einen Anstieg der Blutglukosewerte und ein Absinken der NEFA- und BHBA-Konzentration im postpartalen Zeitraum. Ante partum, blieben diese Werte unbeeinflusst durch

Propylenglykolgebe. Die Milchproduktion in den ersten 60 Laktationstagen konnte gesteigert werden, während die Milchinhaltsstoffe unverändert blieben. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen konnten LOMANDER et al. (2012a) in ihren Experimenten durch eine tägliche Verabreichung von 300 g Propylenglykol über 90 Tage post partum keine Verbesserung der Stoffwechselfparameter (Plasmaglukose, BHBA, NEFA, IGF1) oder Fertilitätsmerkmale erzielen. Lediglich die Milchmenge wurde gesteigert.

HÜNNINGER (1998) und STAUFENBIEL (1999) fanden heraus, dass die Blutketonkörperwerte mit denen in der Milch vergleichbar sind. Sie untersuchten den Acetongehalt in der Milch, wobei in den ersten 8 Laktationswochen etwa 30 % der Tiere erhöhte Werte über 0,25 mmol/l aufwiesen. In der folgenden Untersuchung verabreichten sie den Tieren in den letzten 2 Wochen ante partum jeweils 150 g Propylenglykol pro Tag und ab der Kalbung 200 g/ Tag bis zur 10. Woche post partum. Innerhalb von vier Wochen nach Einsatz des Propylenglykols sank die Milchacetonkonzentration deutlich ab, so dass in der vierten Woche post partum bereits nur noch 13,7 % der Tiere und eine weitere Woche später nur noch 6,1 % der Kühe erhöhte Acetonwerte aufwiesen. In einer weiteren Untersuchung verabreichten HÜNNINGER und STAUFENBIEL (1999) den Rindern bereits während der Trockenstehperiode Propylenglykol und konnten das Ketoserisiko, gemessen an der Acetonkonzentration in der Milch, signifikant senken.

Für die tägliche Produktion einer Milchmenge von 30 – 50 kg und zur Erhaltung des Blutzuckerspiegels benötigt die Kuh 3 – 4 kg Glukose. 2,2 – 3 kg Glukose dafür werden über die Glukoneogenese bereitgestellt (SCHWARZ, 2014). Propylenglykol wirkt als glukoplastische Substanz und kann zur Synthese von Oxalacetat genutzt werden, welches wiederum über Phosphoenolpyruvat zu Glukose umgebaut wird. Propylenglykol wirkt also positiv auf die Glukose- und damit Energieversorgung, was sich auch in einer gesteigerten Milchleistung nieder schlägt. Dies wird besonders deutlich in den Versuchen von STAUFENBIEL et al. (2002). Dabei wurde die Milchleistung in verschiedenen Milchviehbeständen bis zum 90. Tag post partum registriert. Während der Versuchsdurchführung erhielten die Tiere 200 – 250 g Propylenglykol pro Tag. Anschließend wurde die Milchleistung (gemessen über 3 Monate) vor und nach Propylenglykolgebe verglichen. Die tägliche Milchleistung konnte mit durchschnittlich 2,67 kg Milch mehr deutlich gesteigert werden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Milchleistung vor und nach Einsatz von Propylenglykol bei Milchkühen (STAUFENBIEL et al., 2002)

Betrieb (Anzahl der Tiere)	Durchschnittliche Milchmenge (kg/Tag) vor Propylenglykol	Durchschnittliche Milchmenge (kg/Tag) nach Propylenglykol	Differenz
1 (577)	32,59	35,01	+ 2,42
2 (1147)	29,84	31,59	+1,75
3 (370)	27,18	30,74	+3,56
4 (1336)	30,76	33,69	+2,93
5 (398)	30,42	31,92	+1,50
6 (1054)	24,69	27,79	+3,10
7 (419)	29,18	32,59	+3,41
Gesamt (5301)	29,24	31,91	+2,67

ENGELHARD (2001) konnte ebenfalls durch Einsatz von 280 g Propylenglykol eine deutliche Steigerung der täglichen Milchleistung um 2,67 kg sowie eine Senkung der Ketosehäufigkeit erzielen. MESILATI-STAHY et al. (2015) bewiesen einen progesteronabhängigen Zusammenhang zwischen Zyklusstatus und Milchfettzusammensetzung. Dieser Effekt wurde nicht durch elftägigen Propylenglykoldrench (850 ml) beeinflusst. Lediglich das Triglycerid-Phospholipid-Verhältnis konnte moduliert werden. In den Untersuchungen von LIU et al. (2009) stellten die Autoren ein Absinken der Milchfett- und Milchproteingehalte durch Propylenglykol (täglich 450 ml über 63 Laktationstage) fest. Milchfettgehalte geben Hinweise auf den Energiestatus. Milchfett wird in erster Linie aus Acetat, BHB und langkettigen Fettsäuren synthetisiert. Durch steigende Blutkonzentration an NEFA, Ketonkörpern und Leberfetten wird im Energiemangelstatus die Milchfettproduktion erhöht (ENEMARK et al., 2004; KRAFT und DÜRR, 2005). FORMIGONIE et al. (1996) stellten des Weiteren fest, dass Propylenglykol die Futteraufnahme steigert, Fruchtbarkeitsparameter verbessert und die Zellzahl der Milch verringert. Durch die Propylenglykoldgabe konnte der Anteil nicht-zyklischer Tiere ab dem 60. Tag post partum deutlich gesenkt werden. In einer groß angelegten neuseeländischen Studie an Weiderindern wurde der Einfluss von Propylenglykol auf die Fruchtbarkeit untersucht (CHAGAS et al., 2010). Rindern, die nach drei Wochen post partum noch keine Brunst zeigten, wurde einmal beziehungsweise zweimal täglich 200 ml Monopropylenglykol verabreicht. Die Forscher beobachteten eine erhöhte

Trächtigkeitsrate bei Probanden, die einmal täglich das Substrat erhielten. Kein Einfluss konnte auf den Zeitpunkt der Wiederaufnahme der Ovaraktivität genommen werden. Unabhängig von ein- oder zweimaliger Verabreichung wurden in beiden Propylenglykolgruppen erhöhte Milchfettwerte im Vergleich zu Kontrollgruppe gemessen.

2.6 Vergleich von Propylenglykol mit anderen glukoplastischen Substanzen

Neben Propylenglykol zählen auch Laktat, Propionat und Glycerin zu den glukoplastischen Substanzen.

Glycerin ist eine süße Substanz und entsteht als Nebenprodukt bei der Biodieselproduktion, wodurch es kostengünstig angeboten wird (SÜDEKUM und SCHRÖDER, 2002). Eine antiketogene Wirkung des Glycerins konnte weder durch REMOND et al. (1991) noch durch FISHER et al. (1973) bewiesen werden. Auch eine leistungsfördernde Wirkung konnte nicht nachgewiesen werden (REMOND et al., 1991; OGBORN et al., 2004). Während OGBORN et al. (2004) ihren Versuchstieren 3,8 % Glycerin in der Trockensubstanz, beziehungsweise 500 ml Glycerin als Drench verabreichten, stellten sie eine deutliche Verminderung der Futteraufnahme fest. DE FRAIN et al. (2004) dagegen erzielten eine erhöhte Futteraufnahme in der Trockenstehperiode, jedoch wurde post partum eine vermehrte Ketoserate festgestellt. REMOND et al. (1991) und DE FRAIN et al. (2004) erklärten diesen ketogenen Effekt dadurch, dass durch die orale Aufnahme von Glycerin die Konzentration an Buttersäure im Pansen steigt. Diese wird in der Pansenwand zu Betahydroxybutyrat umgebaut und ins Blut aufgenommen. PIEPER et al. (2004) verglichen direkt die Wirkung von Glycerin und Propylenglykol auf Stoffwechsel und Leistung von Rindern. Dabei verabreichten sie den Versuchstieren täglich 200 g der jeweiligen Substanz und untersuchten die Stoffwechsellparameter. Wie auch in den Untersuchungen der anderen Wissenschaftler wurden erhöhte Betahydroxybutyratwerte im Blut der Tiere gemessen, die Glycerin erhalten hatten. Schließlich wiesen 40 % der Versuchstiere aus der Glyceringruppe eine subklinische Ketose auf, in der Propylenglykolgruppe waren es gerade 4 %. Die Versuchsgruppe, die Propylenglykol erhalten hatte, zeigte außerdem deutlich bessere Ergebnisse in der Milchleistung.

MALCHAU (2011) verglich den Einfluss einer Propylenglykolfütterung mit der Verabreichung von Rohglycerin und einer Kombination aus Glycerin und L-Carnitin. Die Substanzen wurden in die TMR eingemischt. Tiere der Glyceringruppe zeigten deutlich höhere NEFA- und BHB-Konzentrationen als in der Propylenglykolgruppe.

Glycerin führte zu deutlich schlechteren Stoffwechsellagen und dadurch ab der 5. Laktationswoche zu verminderter Futteraufnahme. Bei der kombinierten Fütterung von Glycerin mit L-Carnitin konnte das Ergebnis der Milchleistung und Stoffwechsellagenparameter signifikant verbessert werden. Insgesamt kam MALCHAU (2011) zu dem Erkenntnis, dass Propylenglykol die besten antiketogenen und stoffwechsellausgleichenden Wirkungen unter den verglichenen Substraten zeigte. PECHOVA et al. (2014) drenchten Kühe direkt nach der Kalbung drei Wochen lang mit 300 ml Propylenglykol beziehungsweise mit 500 ml Glycerin. Zwischen beiden Gruppen konnte kein Unterschied in den Blutkonzentrationen von Glukose, NEFA, BHBA, Triglyceride und Ketonkörpern festgestellt werden. Im zweiten Teil der Studie wurde die Dosis von Glycerin auf 1000 ml pro Tier erhöht, während die Propylenglykoldosis bei täglich 300 ml pro Tier blieb. Auch hier ergaben sich keine Unterschiede der Parameter zwischen beiden Versuchsgruppen, woraus die Autoren schlossen, dass Glycerin zwar eine Möglichkeit bietet ein peripartales Energiedefizit auszugleichen, eine Dosissteigerung jedoch keinen zusätzlichen Effekt erzielt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen ADAMSKI et al. (2011) sowie OSBORNE et al. (2009) in ihren Untersuchungen. PIANTONI und ALLEN (2015) verglichen die Wirkung einer Propylenglykolinfusion (300 ml) mit einer Glycerininfusion (300 ml) in das Abomasum. Propylenglykol erwies sich als effektiver im Anstieg der Blutglukosekonzentration. Um den gleichen Effekt mit Glycerin zu erzielen musste die Dosis auf 600 ml verdoppelt werden oder eine Kombination aus 300 ml Propylenglykol und 300 ml Glycerin verwendet werden. Einen Anstieg der Blutglukosekonzentration und der Milcheiweißwerte verzeichneten WILBERT et al. (2013) durch Einmischen von 40 g, 80 g oder 120 g Rohglycerin in die Trockenmasse. Bei den 8 Versuchstieren wurde kein Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung oder NEFA-Konzentration festgestellt. LOMANDER et al. (2012 b) untersuchten in verschiedenen Experimenten den Einfluss von Glycerin und Propylenglykol auf Milchleistung, Fruchtbarkeit und Stoffwechselstatus in schwedischen Milchviehanlagen. In einer ihrer Studien (LOMANDER et al., 2012b) teilten sie 798 Tiere in 3 Gruppen ein, wobei eine Gruppe 450 g Glycerin, eine Gruppe 300g Propylenglykol bekam und eine Gruppe als Kontrollgruppe diente. Die Supplemente wurden zweimal täglich als Aufguss auf die Grundration verabreicht. Im Einsetzen der ersten Lutealaktivität postpartum konnte zwischen den drei Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Der Zeitpunkt der ersten Besamung war in der Propylenglykolgruppe gleich mit dem der Kontrollgruppe. Unter Glycerineinfluss lag der Erstbesamungstermin etwas später (nicht signifikant), jedoch

ohne den Konzeptionszeitpunkt zu verzögern. Kühe, die Glycerin erhalten hatten, konnten ihre Milchleistung um 1 kg pro Tier innerhalb der ersten 90 Laktationstage steigern, ohne dabei eine negative Stoffwechseleränderung zu zeigen (LOMANDER, 2012). Unter Propylenglykolgabe zeigte die Milchmenge ebenfalls einen tendenziellen Anstieg, der aber nicht ganz das Niveau der Glycerinbehandlung erreichte. Diese Differenz erklärte LOMANDER (2012) mit den 20 % niedrigeren Energiegehalt der Propylenglykol- im Vergleich zur Glycerindosis. Die Studie untermauert den Verdacht von LUCY (2003), dass Hochleistungsrinder zusätzlich verabreichte Energie hauptsächlich für die Milchproduktion verwenden und die Fruchtbarkeit vernachlässigt wird. LOMANDER (2012) kam zu dem Schluss, dass der Einsatz von Propylenglykol ebenso wie von Glycerin nicht als Herdenstrategie geeignet ist. Die Autorin verweist aber auf mögliche Effektivitätssteigerung, wenn die Substanzen nur an einzelne, in Imbalancen befindliche Tiere verabreicht würden.

Propionat gilt zwar im Allgemeinen als wichtigste glukoplastische Substanz, jedoch konnte in zahlreichen Untersuchungen, in denen Propionat über das Futter verabreicht wurde, weder ein positiver Effekt auf die Milchleistung noch eine Ketoseprophylaxe festgestellt werden. In den Untersuchungen von BEEM et al. (2003) zeigte sich nach täglicher Fütterung von 114 g Calcium-Propionat eine verminderte Futteraufnahme und gleichzeitig steigende Ketonkörperkonzentrationen im Blut und im Harn. BELL und BURHANS (1998) verabreichten in ihren Untersuchungen den Kühen 300g Calcium-Propionat post partum, konnten jedoch keine Steigerung der Milchleistung erzielen und auch die Konzentration nicht veresterter Fettsäuren im Blut nicht vermindern. Diese Ergebnisse wurden durch DE FRAIN et al. (2005) bestätigt. RIGOUT et al. (2003) verabreichten 590 g beziehungsweise 981 g Propionat per Infusion direkt in den Pansen. Hierbei sanken die Blutkonzentrationen an nicht veresterten Fettsäuren und Betahydroxybuttersäure, sowie die Milchfettgehalte deutlich ab. Eine Steigerung der Milchleistung konnte auch hier nicht erzielt werden. Eine derartige Propionatinfusion per Sonde ist im Feld jedoch nicht relevant. Solch hohe Mengen an Propionat können jedoch nicht über das Futter eingegeben werden, da die Akzeptanz gering ist und die Futteraufnahme rapide sinken würde (ALLEN, 2000; OBA und ALLEN, 2003). Es wird also deutlich, dass Propionat im Futter im Vergleich zu Propylenglykol keine Alternative darstellt, da es nicht annähernd die positive Wirkung auf Stoffwechsel und Milchleistung aufweist.

3 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem Bestand mit unbefriedigender Fruchtbarkeit durchgeführt. Bei Voruntersuchungen konnte keine Ursache für das Fruchtbarkeitsproblem gefunden werden. Als Behandlungsversuch wurde ein Konzept zur periovulatorischen Propylenglykollgabe entwickelt, welches in dieser Arbeit überprüft wurde. Es erfolgte eine Kontrolle der Behandlung. Die erhobenen Daten sind Grundlage dieser Studie.

3.1 Tiere und Material

3.1.1 Tiere

Die Untersuchungen zur Erhebung der Daten wurden in einer Milchviehanlage im Kyffhäuserkreis durchgeführt. Bei dem Bestand handelt es sich um 265 Rinder der Rasse „Schwarzbunte“, von denen 185 Tiere in die Untersuchung aufgenommen wurden.

Einschlusskriterien:

- Erstgebärende und Kühe im Anfangsstadium der Laktation
- soweit keine Erstgebärenden, bekanntes Abkalbedatum
- normaler Geburtsverlauf beim letzten Kalben
- keine klinisch zu erfassenden pathologischen Veränderungen an den Geschlechtsorganen und am Euter
- keine Störung des Allgemeinbefindens
- die Kühe sollten sich bereits mindestens 1 Jahr im Bestand befinden, um in den Herdenkennzahlen des letzten Jahres erfasst zu sein
- bis zum Zeitpunkt der Trächtigkeitsuntersuchung müssen die Tiere im Bestand verbleiben

Ausschlusskriterien:

Tiere, die die oben genannten Kriterien nicht erfüllen scheidet aus der Untersuchung aus.

Betriebsdaten:

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden die Daten zur Fruchtbarkeit- und Stoffwechselsituation im untersuchten Bestand mit Hilfe des

Herdenverwaltungsprogrammes „Superkuh“ (Agrocom GmbH und Co. Agrarsystem KG, Bielefeld) ermittelt.

Folgende Daten wurden erfasst (365 Tage):

Bestandsstruktur:

Alter der Kühe (Jahre):	4,28
Remontierungsrate (Prozent):	35,97
Nutzungsdauer (Laktationen):	2,46
Laktationsstand (Tage):	189,82
Abgang Kühe (Prozent):	18,88
Verendete Kühe (Prozent):	3,86

Fruchtbarkeitsdaten:

Kälber gesamt (Anzahl):	281
Kälber aus Erstkalbungen (Anzahl):	86
Erstkalbealter (Monate):	26,58
Zwischenkalbezeit (Tage):	395,87
Besamungen gesamt (Anzahl):	914
Erstbesamungen (Anzahl):	201
Erste Brunst nach der Kalbung (Tage):	51,54
Rastzeit (Tage):	51,42
Güstzeit (Tage):	106,92
Zwischenbesamungszeit (Tage):	26,11
Besamungen je Trächtigkeit (Anzahl):	2,32
Tiere tragend nach 1. Besamung (Prozent):	35,17
Tiere tragend nach 2. Besamung (Prozent):	31,19
Tiere tragend nach 3. Besamung (Prozent):	16,51

Milchleistung

Laktationsleistung (kg FCM/Kuh):	9286,66
Milch aus Grundfutter (kg FCM/Kuh):	7766,14
305- Tageleistung gesamt (kg):	8941,61
Fett in Liefermilch (Prozent):	3,96
Eiweiß in Liefermilch (Prozent):	3,47

Vor Versuchsbeginn der vorliegenden Studie wurden folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Fruchtbarkeitsleistung durchgeführt:

Das Futter wurde hinsichtlich seines Energiegehaltes und der Struktur überprüft. Die Futterzusammensetzung unterlag einer regelmäßigen Qualitätskontrolle. Der Stoffwechsellzustand der Tiere wurde anhand der Milchhaltsstoffe und durch stichprobenartige Blutuntersuchungen von Einzeltieren regelmäßig überprüft, um bei eventuell auftretenden Störungen frühzeitig eingreifen zu können. Bei ersten klinischen Symptomen für Krankheiten wurden die Kühe schnellstmöglich dem Bestandstierarzt zur Untersuchung vorgestellt. Geeignete Gesundheitsprophylaxemaßnahmen wurden kontinuierlich durchgeführt. Die Besamungen wurden im untersuchten Betrieb durch eine Eigenbestandsbesamerin vorgenommen, die die Tiere mehrfach täglich auf Brunstsymptome oder gynäkologische Veränderungen kontrollierte. Somit lagen optimale Bedingungen für das Besamungsmanagement vor. Am Ende der Voruntersuchungen im Betrieb konnten Ovarialzysten und andere pathologische Veränderungen als Ursache der schlechten Fruchtbarkeitssituation der Herde durch tierärztliche Untersuchungen ausgeschlossen werden.

Haltung:

Die Rinder werden im Laufstall in Gruppen von 70 - 75 Tieren gehalten. Die Ställe sind ausgestattet mit Ausläufen, Selbsttränken und Selbstfanggitter. Die Liegeflächen werden mit Häckselstroh eingestreut. Zweimal täglich wird gefüttert und gemolken. Trockenstehende Kühe und tragende Färsen werden im Sommer auf der Koppel gehalten. Die Rinder werden entsprechend ihres Leistungsniveaus in 3 Futtergruppen eingeteilt und in 4 verschiedenen Ställen („Färsen“, „Stall 60“, „Stall 1“, „Stall Mitte“) untergebracht.

Fütterung:

Die Tiere werden entsprechend ihres Leistungsniveaus in Futtergruppen eingeteilt (Tabelle 7). Die Grundration besteht aus Silage und Heu.

Tabelle 7: Rationen von Tieren, die in die Untersuchung aufgenommen wurden. Die Daten ergeben sich aus dem Durchschnitt der monatlichen Rationen für den Zeitraum der Versuchsdurchführung.

	Ration 1 (Hochleistungskühe) FM in kg	Ration 2 (Jungrinder) FM in kg	Ration 3 (Altmelker) FM in kg
Maissilage	26,4	5,68	17,6
Anwelksilage	8,15	8,9	12,5
Wiesenheu	1,4	-	1,6
Preßschnitzel	5,65	3,77	2,0
Gerste-Weizenschrot	5,22	1,1	4,8
Fett	0,2	-	-
Glycerin	0,1	-	0,1
Mineralstoffe	0,095	-	0,09

Ration 1 wurde an Hochleistungsrinder in Stall „60“, Ration 2 an Färsen und Ration 3 an Altmelker in den Ställen „1“ und „Mitte“ verfüttert.

Gruppeneinteilung:

Die Versuchstiere werden nach dem Zufallsprinzip in drei Gruppen (Abbildung 3) eingeteilt:

Gruppe 1: Tieren der Gruppe 1 wird am Tag der Besamung 300 ml Wasser oral verabreicht.

Gruppe 2: Tiere der Gruppe 2 erhalten 300 ml Propylenglykol oral am Tag der Besamung.

Gruppe 3: Tiere der Gruppe 3 erhalten 300 ml Propylenglykol oral 2 Tage vor errechnetem Besamungstermin

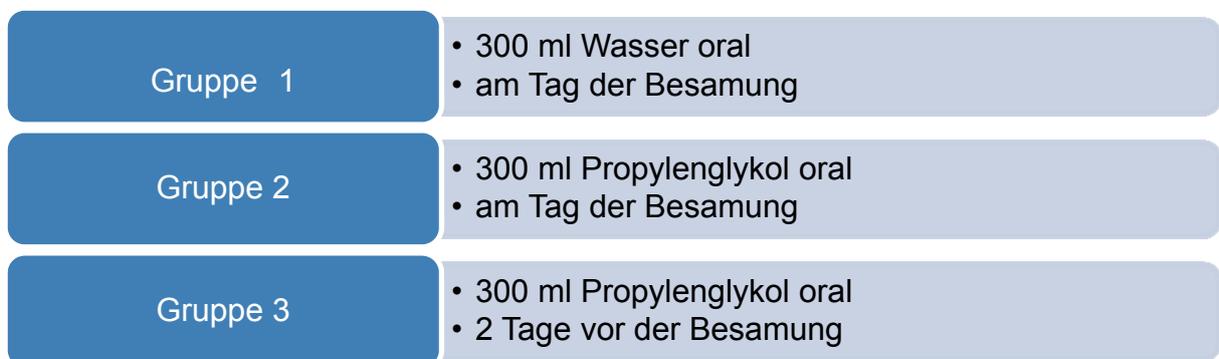


Abbildung 3: Gruppeneinteilung

Die Zuteilung zu einer der drei Gruppen erfolgte per Losverfahren.

3.1.2 Propylenglykol:

Das Propylenglykol liegt in flüssiger Form vor und stammt von der Firma Dr. Piper aus Neuruppin. Ein Liter Propylenglykol enthält 16,8 MJ NEL.

3.2 Methode

3.2.1 Datenerhebung

Einzeltierdaten:

Von jedem Tier, das in der Untersuchung war, wurden folgende Daten erhoben:

- Alter
- Letztes Abkalbedatum
- Laktationsanzahl
- Anzahl bisheriger Besamungen

3.2.2 Klinische Untersuchung

Die Untersuchungen erfolgten am Tag der Propylenglykol-bzw. der Wassergabe und am Tag der Besamung.

Parameter der Allgemeinuntersuchung:

- Körpertemperatur
- Adspektorische Kontrolle auf Lahmheiten, Umfangsvermehrungen und Verletzungen

Die betriebseigene Besamerin wurde auf ihrem täglichen Rundgang durch den Stall begleitet. Tiere, die als brünstig erkannt wurden (zum Beispiel durch Aufspringen, besprungene Tiere, Abgang von Brunstschleim), wurden eingefangen und genauer untersucht. Die Ergebnisse wurden im Stallprotokoll eingetragen. Zunächst wurde notiert, ob das Tier einen Duldungsreflex zeigte oder ob beobachtet werden konnte, dass das Rind andere Kühe bespringt oder besprungen wird. Weiterhin wurde der Ödematisierungsgrad der Vulva, sowie Abgang von Brunstschleim im Protokoll eingetragen. Nun wurde das Tier manuell transrektal auf Uterustonisierung untersucht und die Diagnose notiert. Anschließend führte die Besamerin die Besamung durch und teilte ihre Einschätzung der Leichtigkeit mit.

Parameter der gynäkologischen Untersuchung:

Ödematisierungsgrad der Vulva

- keine Schwellung
- leichte bis mittelgradige Schwellung
- hochgradige Schwellung

Abgang von Brunstschleim

- kein Brunstschleim vorhanden
- Brunstschleim vorhanden

Duldungsreflex

- kein Duldungsreflex
- Duldungsreflex (Schwanz wird zur Seite gelegt, Rücken leicht durchgebogen)

Im Zusammenhang mit der rektalen Untersuchung wurde die Kontraktilität des Uterus beurteilt:

- Gebärmutter schlaff
- Gebärmutter kontrahiert

Auffälligkeiten bei der Untersuchung wie Uterusfüllung, Abgang von Eiter u.a. wurden registriert und führten zum Ausschluss des Tieres aus der Untersuchung.

In der 6. Woche nach der instrumentellen Samenübertragung wurde eine Trächtigkeitsuntersuchung durch den betreuenden Tierarzt durchgeführt, um den Besamungserfolg zu überprüfen.

3.2.3 Festlegung des Besamungszeitpunktes:

Zur Erkennung der Brunst wurden folgende Daten in die Untersuchung einbezogen:

- Errechneter Brunsttermin
- Beobachtung, ob die Kuh von anderen Tieren besprungen wird
- Brunstschleim
- Duldungsreflex

Besamt wurden nur Tiere, die durch Beobachtung als brünstig erkannt wurden.

3.2.4 Instrumentelle Samenübertragung

Die instrumentelle Besamung wurde in der Milchviehanlage täglich durch eine Eigenbestandsbesamerin durchgeführt und dokumentiert. Die Besamung erfolgte intrauterin unter transrektaler manueller Kontrolle.

In die Datenerfassung flossen die Angaben der Besamerin zum Schwierigkeitsgrad der Besamung:

- schwierig
- normal
- leicht

3.2.5 Propylenglykoldgabe

Die Eingabe erfolgte mittels Drenchpistole. Dazu wurde die Kuh im Selbstfanggitter fixiert und ihr das Propylenglykol mittels Applikator oral verabreicht.

Den Tieren wurde je nach Gruppenzugehörigkeit am Tag der Besamung bzw. 2 Tage vor errechnetem Besamungstermin je 300 ml Propylenglykol verabreicht. Einmal wöchentlich wurden Kühe und Färsen zur zuchthygienischen Untersuchung eingefangen. Tiere, bei denen die ovariellen Funktionskörper auf eine Brunst in zwei Tagen hinwiesen, wurden mit 300 ml Propylenglykol gedrencht.

3.2.6 Gruppeneinteilung

Die Einteilung erfolgt nach dem Zufallsprinzip in 3 Gruppen (siehe 3.1.1)

Im randomisierten Losverfahren wurden jeweils 85 Lose mit der Aufschrift „Gruppe 1“, „Gruppe 2“ und „Gruppe 3“ erstellt und in einer Box vor Beginn der Untersuchungen durchgemischt. Für jedes am jeweiligen Untersuchungstag zur Besamung anstehende Tier oder für Kühe mit errechnetem Besamungstermin in zwei Tagen wurde, nach Überprüfung der Einschlusskriterien, ein Los gezogen.

Durch sogenannte „Drop outs“ kam es während des Versuchszeitraumes zu einer Verschiebung der ursprünglich gleich großen Gruppen. So mussten Probanden, die zunächst in die Studie aufgenommen wurden, im Zeitraum zwischen Besamung und Trächtigkeitsuntersuchung wieder aus der Studie ausgeschlossen werden, wenn sie während dieser Zeit an Erkrankungen der Geschlechtsorgane und des Euters oder hochgradigen anderen Erkrankungen, die das Allgemeinbefinden beeinträchtigten litten. Besonders in Gruppe 3 kam es zu vermehrten Ausfällen, da Tiere ausgeschlossen wurden, die zum errechneten Besamungstermin nachweislich nicht brünstig waren. Desweiteren wurden Tiere vor allem in Gruppe 3 nachträglich aus der Studie ausgeschlossen, wenn die Besamung nicht von der Eigenbestandsbesamerin durchgeführt wurde, sondern von einer Vertretung. Dadurch sollten Differenzen im Besamungserfolg ausgeschlossen werden, die auf fachliche Qualifikationen und Fähigkeiten des Besamers zurückzuführen wären.

3.2.7 Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mit Unterstützung eines Statistikers der Ambulatorischen und Geburtshilflichen Tierklinik der Universität Leipzig und wurde mit dem Statistical Package for the Social Sciences SPSS 14.0 (SPSS- Software GmbH München) durchgeführt. Die Beantwortung der Fragen, ob sich die Anzahl trächtigen Tiere, die Einschätzung der Besamungsschwierigkeit, die Ödematisierung der Vulva, das Auftreten von Brunstschleim, die Ausprägung des Duldungsreflexes, die Tonisierung des Uterus zwischen den drei Gruppen unterscheidet, wurde mit Kreuztabellen und dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson beantwortet.

Im zweiten Schritt wurden die beiden Behandlungsgruppen zusammengefasst und mit Hilfe der gleichen statistischen Methoden mit der Kontrollgruppe verglichen.

Weiterhin wurde mit Hilfe von Kreuztabellen und dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson überprüft, ob signifikante Unterschiede zwischen den trächtigen und nichtträchtigen Tieren hinsichtlich des Ortes der Aufstallung, der Ödematisierung der Labien, dem Auftreten von Brunstschleim, der Ausprägung des Duldungsreflexes, der Tonisierung des Uterus vorlag. Mit Hilfe des Mann-Whitney-Testes wurde überprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen der Günstzeit trächtiger und nichtträchtiger Tiere vorlag.

Ein p-Wert kleiner als 0,05 galt als statistisch signifikant.

3.2.7.1 Post-Hoc-Poweranalyse

Es wurde mit Hilfe eines Statistikers (Dr. Heinzel-Gutenbrunner) eine Post-Hoc-Poweranalyse mit dem Programm PASS 14.0.9 berechnet.

Damit wurden für einen Chi-Quadrat-Test für den Vergleich von Anteilen in zwei unabhängigen Stichproben folgende Annahmen für die Vergleiche zwischen den Placebo- und Verumgruppen getroffen (CHOW et al., 2008).

Vergleich Gruppe 1 und 2:

Es wird ein einseitiger Test durchgeführt:

$H_0: P_1 - P_2 \leq 0$ versus $H_1: P_1 - P_2 = D_1 > 0$.

Um ein Konfidenzniveau von $\alpha = 0,05$ einzuhalten und unter der Bedingung, dass die Stichprobenumfänge und Anteile trächtiger Tiere denen in der Untersuchung $n_1 = 60$ (Gruppe 2) und $n_2 = 81$ (Gruppe 1) und 40 % im Vergleich zu 20 %, erreicht man eine Power von 0,82.

Power*	n1	n2	n	P1	P2	D1	Alpha
0,82702	60	81	141	0,4000	0,2000	0,2000	0,0500

Vergleich Gruppe 1 und 3:

Um ein Konfidenzniveau von $\alpha = 0,05$ einzuhalten und unter der Bedingung, dass die Stichprobenumfänge und Anteile trächtiger Tiere denen in der Untersuchung $n_1 = 44$ (Gruppe 3) und $n_2 = 81$ (Gruppe 1) und 36 % im Vergleich zu 20 %, erreicht man eine Power von 0,62.

Power*	n1	n2	n	P1	P2	D1	Alpha
0,61141	44	81	125	0,3640	0,2000	0,1640	0,0500

Vergleich der beiden Verumgruppen zusammengenommen mit Placebogruppe:

Um ein Konfidenzniveau von $\alpha = 0,05$ einzuhalten und unter der Bedingung, dass die Stichprobenumfänge und Anteile trächtiger Tiere denen in der Untersuchung $n_1 = 104$ (Gruppe 2+ 3) und $n_2 = 81$ (Gruppe 1) und 38,4 % im Vergleich zu 20 %, erreicht man eine Power von 0,88.

Power*	n1	n2	n	P1	P2	D1	Alpha
0,88053	104	81	185	0,3840	0,2000	0,1840	0,0500

4 Ergebnisse

4.1 Angaben zu den untersuchten Tieren

Insgesamt wurden 185 Kühe erfasst, die sich auf die drei Gruppen verteilten. Davon waren 9 Färse und 176 Kühe (Tabelle 8). Das durchschnittliche Alter der Tiere in den drei Gruppen betrug 4,33 Jahre.

Tabelle 8: Verteilung der erfassten Kühe auf die unterschiedlichen Gruppen

	Kühe	Färse	Gesamt
Gruppenverteilung			
Gruppe 1	76	5	81
Gruppe 2	56	4	60
Gruppe 3	44	0	44
Gesamt	176	9	185

4.2 Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsrate und Behandlung

Insgesamt waren 56 Tiere nach Besamung trächtig, wobei signifikant mehr Tiere aus Gruppe 2 und 3 als aus Gruppe 1 eine Trächtigkeit aufwiesen ($p < 0,05$) (Tabelle 9). Dieser Unterschied besteht auch, wenn die Tiere aus Gruppe 2 und 3 zusammengefasst und der Gruppe 1 gegenübergestellt werden ($p < 0,05$). Ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 2 und 3 bestand nicht ($p > 0,05$).

Tabelle 9: Anzahl der trächtigen und nichtträchtigen Tiere in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen Gruppe 1 und 2 und 1 und 3 sind statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Gruppe	Tiere gesamt	trächtig		nicht trächtig	
		n	%	n	%
1	81	16	19,8	65	80,2
2	60	24	40	36	60
3	44	16	36,4	28	63,6
Gesamt	185	56	30,3	129	69,7

Abbildung 4 zeigt den Anteil tragender und nicht tragender Kühe in den einzelnen Gruppen.

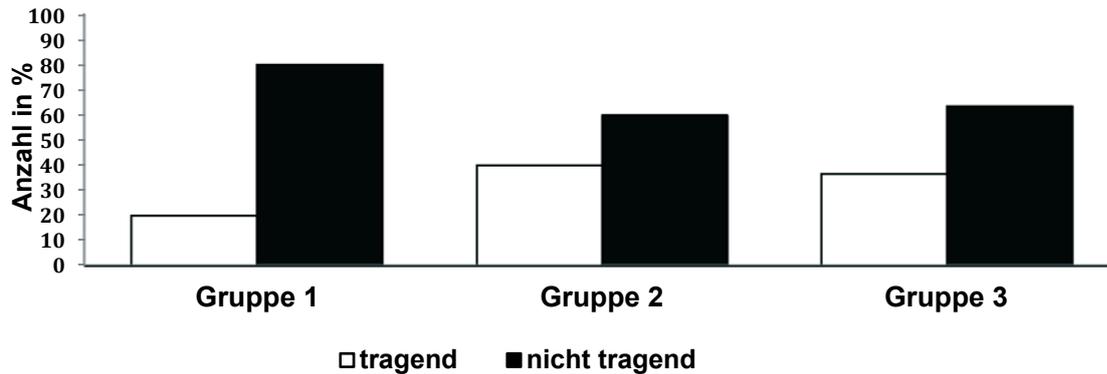


Abbildung 4: Verteilung tragender und nicht tragender Tiere in den drei Gruppen. Die Unterschiede zwischen Gruppe 1 und 2 und zwischen Gruppe 1 und 3 sind statistisch signifikant ($p < 0,05$).

4.3 Ausprägung der Brunstsymptome

Die Ausprägung der Brunstsymptome Ödematisierungsgrad der Vulva (Tabelle 10), Auftreten von Brunstschleim (Tabelle 11), Nachweis des Duldungsreflexes (Tabelle 5), und Tonisierung des Uterus (Tabelle 12) unterschied sich zwischen den Gruppen nicht signifikant ($p > 0,05$). Auch wenn die Gruppen 2 und 3 zusammen gegenüber Gruppe 1 verglichen werden, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

Tabelle 10: Ausprägung der Vulvaödematisierung bei den Tieren in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Gruppe	Ödematisierung der Vulva						gesamt
	keine		mäßig		stark		
	n	%	n	%	n	%	
1	8	9,9	57	70,4	16	19,8	81
2	9	15	44	73,3	7	11,7	60
3	3	6,8	34	77,3	7	15,9	44
gesamt	20	10,8	135	73	30	16,2	

In Abbildung 5 wird die Ausprägung der Vulvaödematisierung in den drei Gruppen grafisch dargestellt.

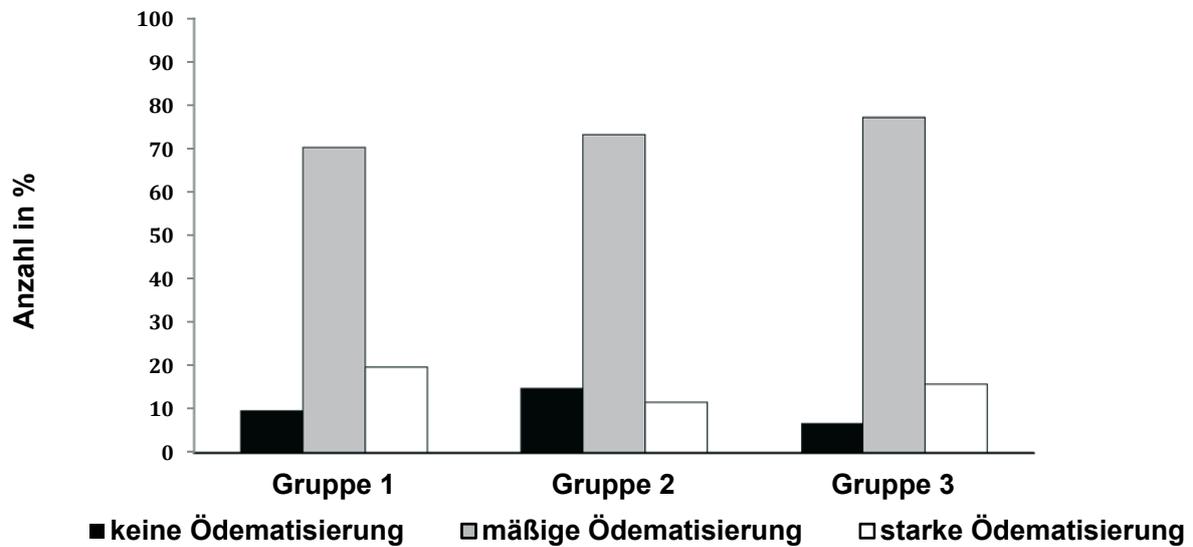


Abbildung 5: Verteilung der Vulvaödematisierung in den einzelnen Gruppen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Der Unterschied im Nachweis von Brunstschleim in den einzelnen Gruppen ist statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) (Tabelle 11).

Tabelle 11: Nachweis von Brunstschleim in den Gruppen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Gruppe	Brunstschleim			
	vorhanden		nicht vorhanden	
	n	%	n	%
1	67	82,7	14	17,3
2	57	95	3	5
3	41	93,2	3	6,8
gesamt	165	89,2	20	10,8

Abbildung 6 stellt den Unterschied vom Auftreten von Brunstschleim in den Gruppen optisch dar.

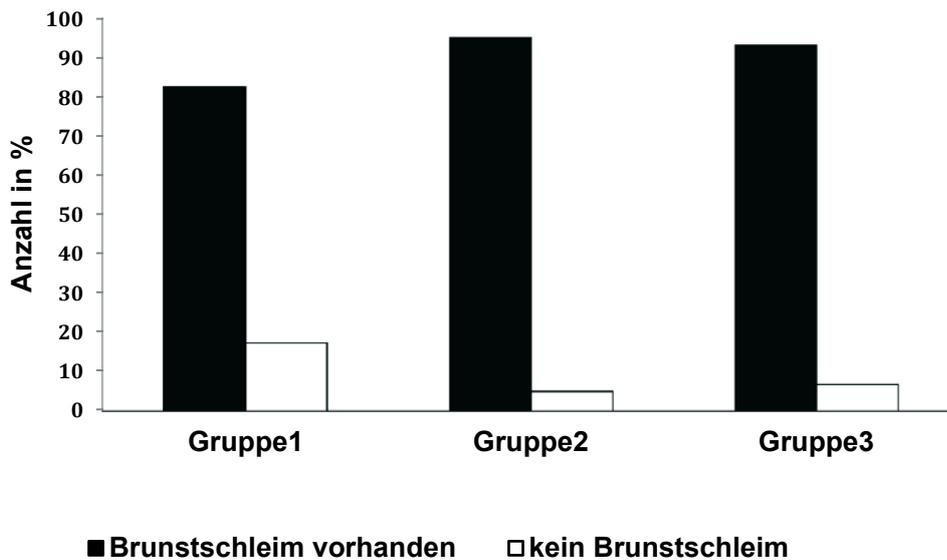


Abbildung 6: Nachweis von Brunstschleim in den einzelnen Gruppen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Die Expression des Duldungsreflexes in den drei Gruppen unterschied sich nicht signifikant ($p > 0,05$) (Tabelle 12).

Tabelle 12: Ausprägung des Duldungsreflexes bei den Tieren in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Gruppe	Duldungsreflex			
	vorhanden		nicht vorhanden	
	n	%	n	%
1	72	88,9	9	11,1
2	58	96,7	2	3,3
3	41	93,2	3	6,8
gesamt	171	92,4	14	7,6

Die Abbildung 7 stellt die Häufigkeit des Nachweises des Duldungsreflexes in den Gruppen 1, 2 und 3 dar.

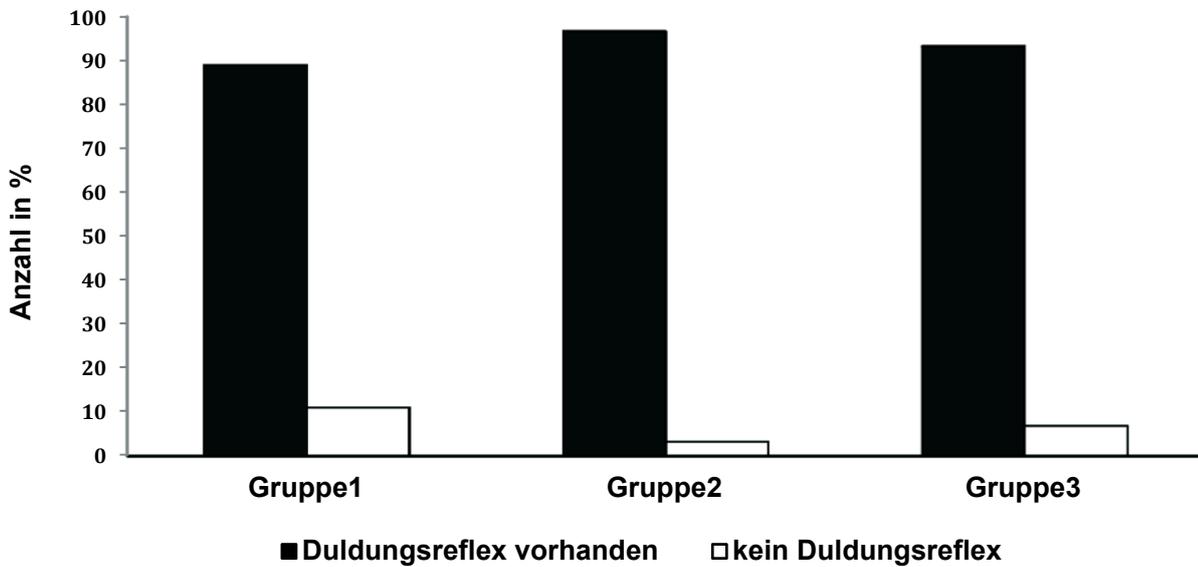


Abbildung 7: Auftreten eines Duldungsreflexes in den einzelnen Gruppen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Die Uterustonisierung in den drei Gruppen zeigte keinen statistischen Unterschied ($p > 0,05$) (Tabelle 13).

Tabelle 13: Tonisierung des Uterus bei den Tieren in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant

Gruppe	Uterustonisierung			
	schlaff		tonisiert	
	n	%	n	%
1	10	12,3	71	87,7
2	1	1,7	59	98,3
3	8	18,2	36	81,8
gesamt	19	10,3	166	89,7

In Abbildung 8 wird die Verteilung der Uterustonisierung in den Gruppen 1 bis 3 dargestellt.

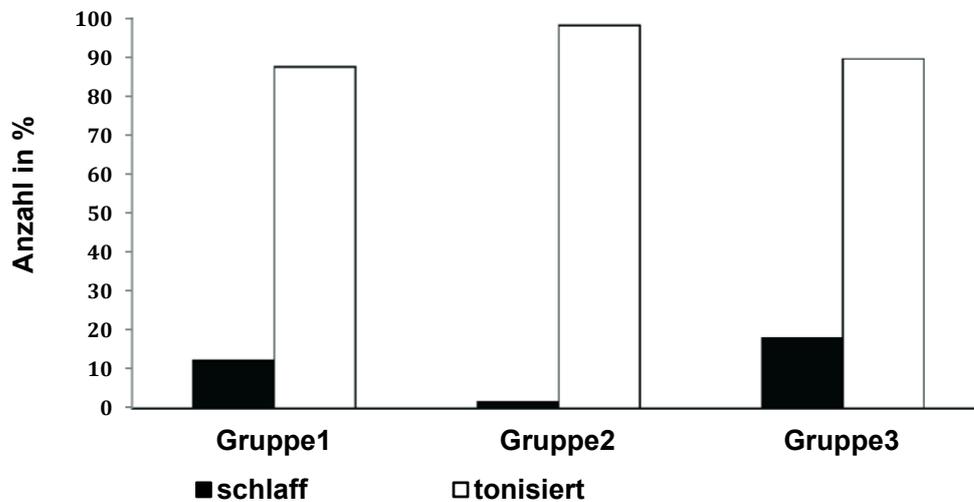


Abbildung 8: Uterustonisierung in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

4.4 Besamung

Die subjektive Einschätzung der Leichtigkeit, mit der sich die Besamung durchführen ließ, unterschied sich zwischen den Gruppen nicht signifikant ($p > 0,05$) (Tabelle 14).

Tabelle 14: Subjektive Einschätzung des Schweregrades der Besamung bei den Tieren in den Gruppen 1 bis 3. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Gruppe	Schweregrad der Besamung					
	leicht		mittel		schwer	
	n	%	n	%	n	%
1	67	82,7	11	13,6	3	3,7
2	48	80	8	13,3	4	6,7
3	37	84,1	6	13,6	1	2,3
gesamt	152	82,2	25	13,5	8	4,3

In Abbildung 9 wird der Schweregrad der Besamung in den drei Gruppen grafisch dargestellt.

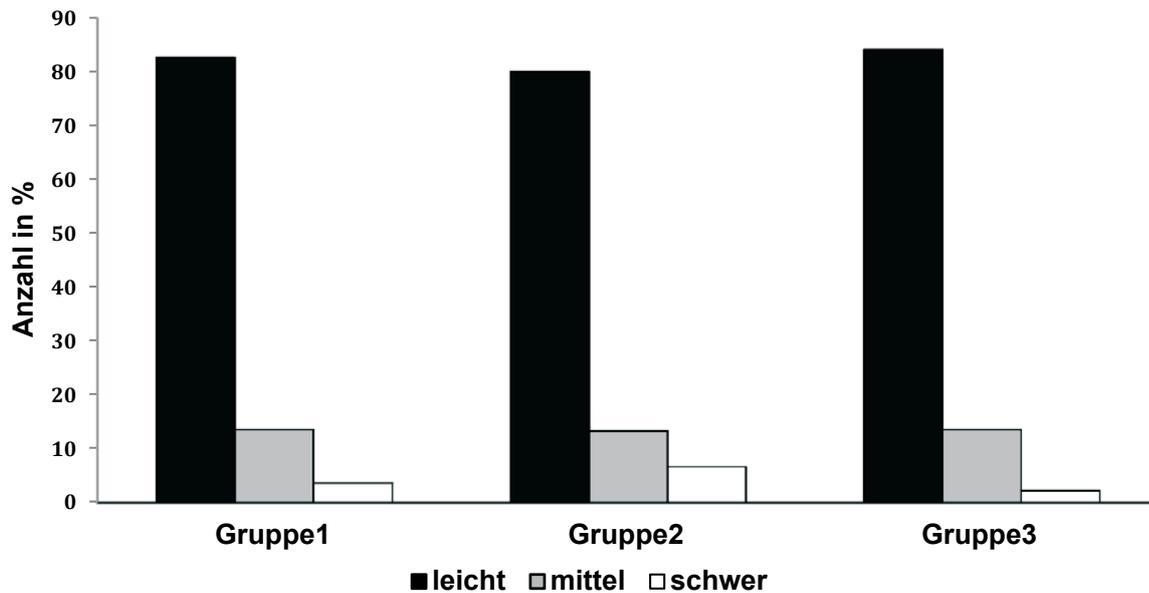


Abbildung 9: Schweregrad der Besamungstätigkeit in den drei Gruppen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind statistisch nicht signifikant.

Der Besamungsindex BI ergab in der vorliegenden Studie bei 56 Trächtigkeiten aus insgesamt 185 Besamungen einen Wert von 3,3. Der erreichte Besamungsindex lag somit deutlich über der Norm von maximal 1,5 bis 2.

In den Untersuchungen konnte bei 21 von insgesamt 53 Erstbesamungen eine Trächtigkeit erzielt werden. Der Erstbesamungserfolg im untersuchten Betrieb lag hiermit bei 39 %. Gruppe 2 liegt mit einem Erstbesamungserfolg von 58 % deutlich im Normalbereich. Auch Gruppe 3 bewegt sich mit 46 % fast in diesem Bereich, während in Gruppe 1 nur 19 % der Tiere nach Erstbesamung tragend wurden (Abbildung 10).

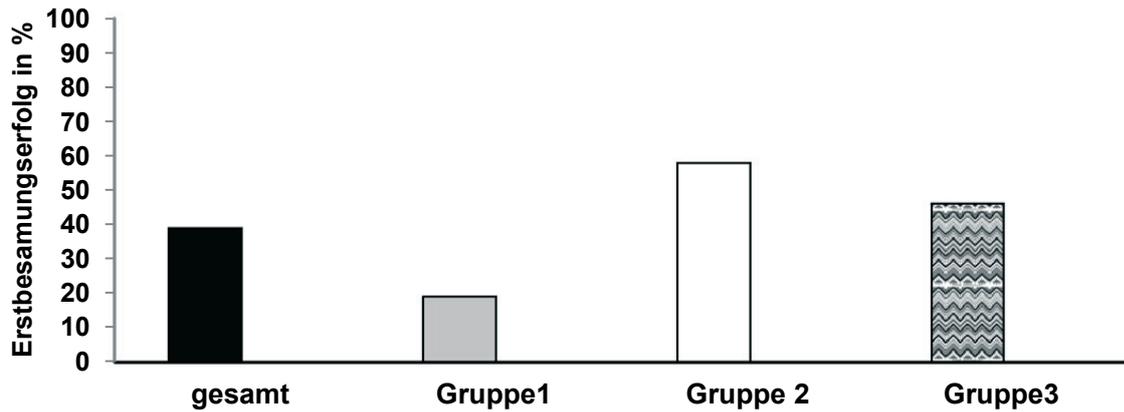


Abbildung 10 : Erstbesamungserfolg in den drei Gruppen

4.4.1 Zusammenhang zwischen Besamungserfolg und Einzelparametern

Ein Zusammenhang zwischen der Unterbringung in verschiedenen Ställen (Tabelle 15) und der Trächtigkeitsrate ließ sich nicht nachweisen ($p > 0,05$). Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede im Ödematisierungsgrad der Vulva (Tabelle 16), dem Nachweis von Brunstschleim (Tabelle 17) und des Duldungsreflexes (Tabelle 18) sowie der Tonisierung des Uterus (Tabelle 19) zwischen trächtigen und nicht trächtigen Tieren ($p > 0,05$).

Tabelle 15: Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsergebnis und Standort der Tiere (Stall 1 bis Stall 4). Die Unterschiede im Trächtigkeitsergebnis zwischen den Stallungen sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Besamungserfolg	Standort								Gesamt
	Stall 1		Stall 2		Stall 3		Stall 4		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
tragend	35	62,5	1	1,8	6	10,7	14	25	56
nicht tragend	74	57,4	8	6,2	4	3,1	43	33,3	129
gesamt	109	58,9	9	4,9	10	5,4	57	30,8	

In Abbildung 11 wird die Verteilung tragender und nicht tragender Tiere auf die 4 Ställe grafisch dargestellt.

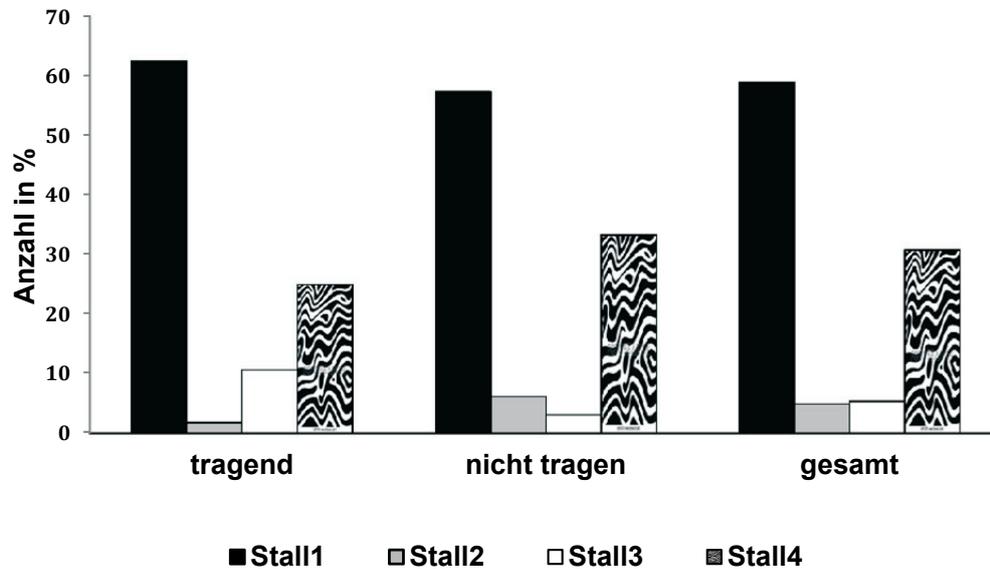


Abbildung 11: Verteilung tragender Tiere in den unterschiedlichen Ställen. Die Unterschiede zwischen den Stallungen sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 16: Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsergebnis und Ödematisierungsgrad der Vulva. Die Unterschiede zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren sind statistisch nicht signifikant.

Besamungserfolg	Ödematisierungsgrad der Vulva					
	keine		mäßig		Stark	
	n	%	n	%	n	%
tragend	3	5,4	48	85,7	5	8,9
nicht tragend	17	13,2	87	67,4	25	19,4
gesamt	20	10,8	135	73	30	16,2

In Abbildung 12 wird die Ausprägung der Vulvaödematisierung bei tragenden und nicht tragenden Rindern dargestellt.

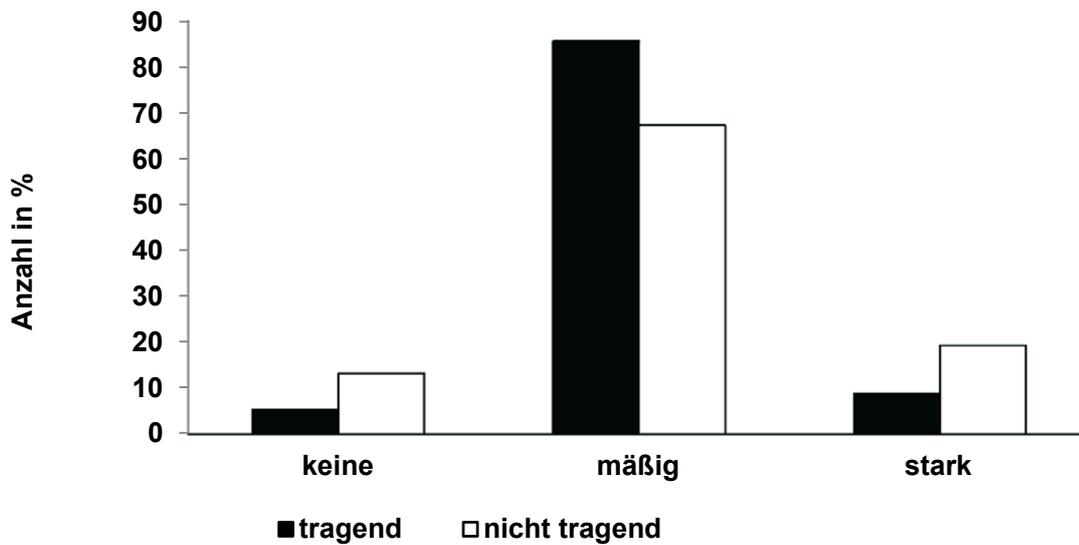


Abbildung 12: Ausprägung der Vulvaödematisierung bei tragenden und nicht tragenden Tieren. Die Unterschiede zwischen trächtigen und nicht trächtigen Tieren sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 17: Nachweis von Brunstschleim. Die Unterschiede zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Besamungserfolg	Brunstschleim			
	vorhanden		nicht vorhanden	
	n	%	n	%
tragend	52	92,9	4	7,1
nicht tragend	113	87,6	16	12,4
gesamt	165	89,2	20	10,8

In Abbildung 13 wird der Nachweis von Brunstschleim bei tragenden und nicht tragenden Tieren grafisch präsentiert.

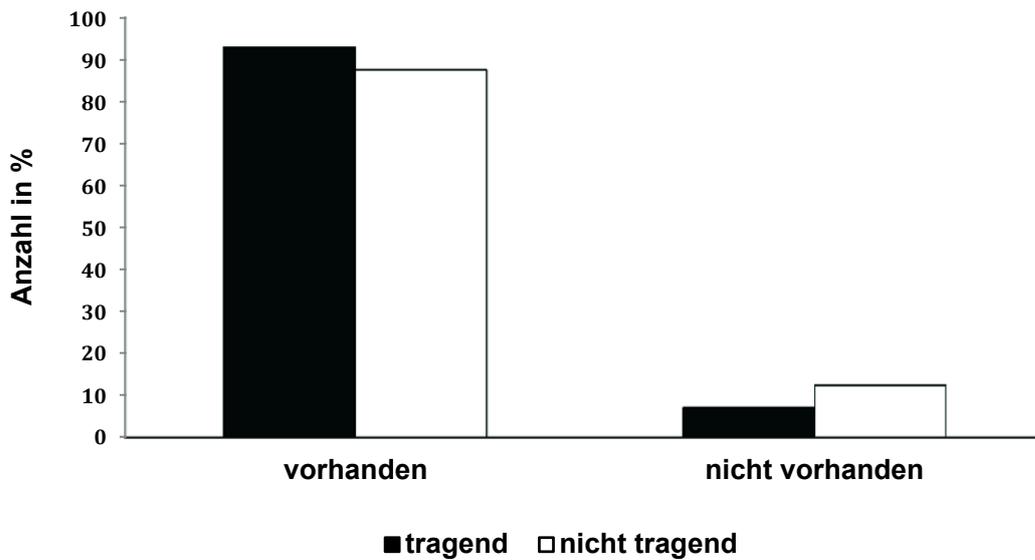


Abbildung 13: Auftreten von Brunstschleim bei tragenden und nicht tragenden Tieren. Die Unterschiede zwischen trächtigen und nicht trächtigen Tieren sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Tabelle 18: Ausprägung des Duldungsreflexes. Die Unterschiede zwischen tragenden und nicht tragenden Kühen sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Besamungserfolg	Duldungsreflex			
	vorhanden		nicht vorhanden	
	n	%	n	%
tragend	54	96,4	2	3,6
nicht tragend	117	90,7	12	9,3
gesamt	171	92,4	14	7,6

In Abbildung 14 wird der Nachweis des Duldungsreflexes bei tragenden und nicht tragenden Tieren dargestellt.

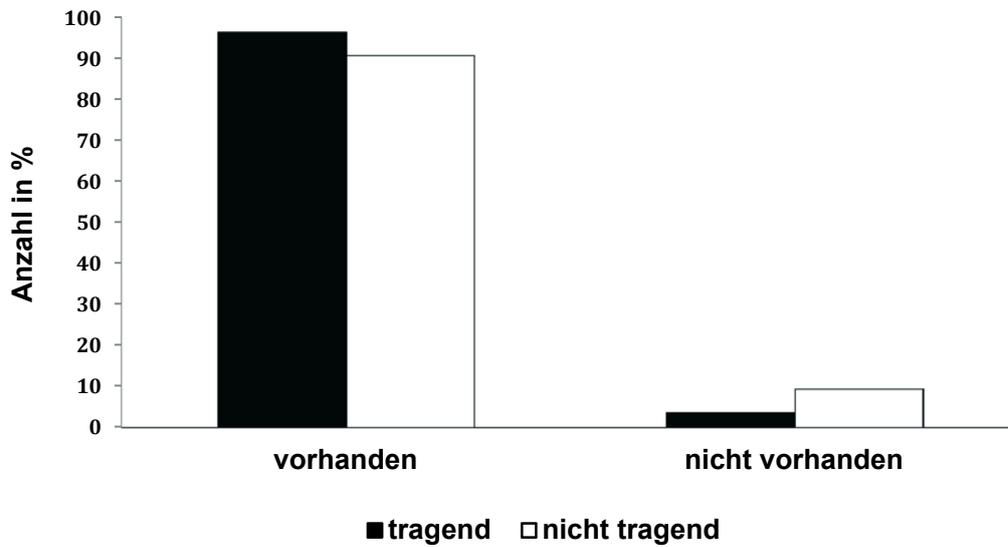


Abbildung 14: Auftreten eines Duldungsreflexes bei tragenden und nicht tragenden Tieren. Die Unterschiede zwischen trächtigen und nicht trächtigen Tieren sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 19: Tonisierung des Uterus. Die Unterschiede zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Besamungserfolg	Uterustonisierung			
	schlaff		tonisiert	
	n	%	n	%
tragend	3	5,4	53	94,6
nicht tragend	16	12,4	113	87,6
gesamt	19	10,3	166	89,7

In Abbildung 15 wird die Uterustonisierung bei tragenden und nicht tragenden Rindern grafisch dargestellt.

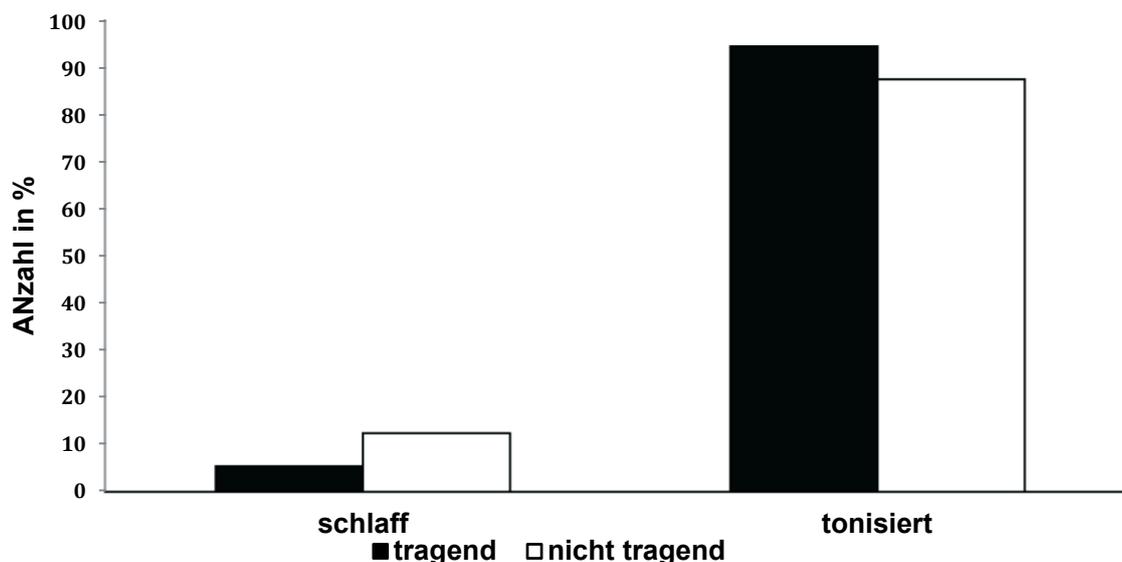


Abbildung 15: Uterustonisierung bei tragenden und nicht tragenden Tieren. Die Unterschiede zwischen trächtigen und nicht trächtigen Tiere sind statistisch nicht signifikant.

Der Zeitpunkt der letzten Kalbung lag bei den nicht trächtigen Tieren länger zurück (Tabelle 20) als bei den Kühen, bei denen die Besamung erfolgreich war ($p < 0,05$).

Tabelle 20: Zeitpunkt der letzten Kalbung. Die Unterschiede zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren sind statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Besamungserfolg	Zeit seit letzter Kalbung (Monate)					
	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Perzentile		
				25	50	75
tragend	3,4	3	2,2	2	3	5
nicht tragend	4	3,5	2,4	2	3,5	5

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Fragestellung

Ziel dieser Therapiekontrollstudie ist es den Effekt einer einmaligen Propylenglykolfütterung auf die Fruchtbarkeit unter Feldbedingungen zu erfassen.

Weltweit ist in Milchviehbetrieben eine deutliche Divergenz zwischen hoher Milchleistung und guter Fruchtbarkeit sichtbar, die eine enorme wirtschaftliche Bedeutung hat (LUCY, 2001; LOPEZ-GATIUS; 2003; MEE, 2004). Verminderte Konzeptionsraten führen durch Mehrfachbesamungen, sinkende Milchleistung und letztlich verkürzte Nutzungsdauer zu ökonomischen Belastungen eines Betriebes (LOTTHAMMER und WITTKOWSKI, 1994; LEROY und DE KRUIF, 2006; PRZEWOZNY, 2011). In zahlreichen Studien zu Ursachen und Therapieansätzen dieser Problematik kristallisierte sich das Energiedefizit um den Geburtszeitraum als eines der Hauptursachen heraus (SPALDING et al., 1975; BUSCH, 1995; SENATOR et al., 1996; JAHNKE, 2002; ROSSOW, 2004; WADE und JONES, 2004; OCYCLOK, 2007; SUTHAR et al., 2012; GAILLARD et al., 2016). Die aktuelle energetische Situation im Besamungszeitraum findet bisher kaum Beachtung in diesem Zusammenhang.

Schon vor einigen Jahrzehnten gab es positive Untersuchungen zur Auswirkung kurzfristiger energiereicher Fütterung auf die Ovulationsrate bei Schafen und Schweinen (ZIMMERMANN et al., 1960; MOORE et al., 1973; SMITH, 1988).

GROEGER (2008) konnte an 10 Milchrindern einen positiven Einfluss einer Glukoseinfusion auf den Zeitpunkt der Ovulation feststellen. Dabei stellte sich heraus, dass eine einmalige intravenöse Glukosegabe am 19. Zyklustag zu einer signifikanten Zyklusverkürzung durch verstärkte Östrogensynthese und folglich zeitigere präovulatorische LH-Ausschüttung führt. Intravenöse Verabreichungen als Prophylaxe und Metaphylaxe zur Behandlung von Ovulationsstörungen sind in der Praxis jedoch nicht durchführbar. Daher wurde als Zeitpunkt für die Propylenglykolfgabe der periovulatorische Zeitraum gewählt. Ausgehend von den Infusionsversuchen (GROEGER, 2008) soll bei dem Behandlungskonzept der Energiebolus oral verabreicht werden.

5.2 Diskussion der Methode

Die Datenerhebungen wurden in einem Bestand durchgeführt, in dem der Besamungserfolg nicht befriedigt. Da in Voruntersuchungen keine Ursachen für

diesen Zustand gefunden werden konnten, erfolgte das Therapiekonzept der perioovulatorischen Propylenglykoldgabe. Dieses Konzept verfolgt das Ziel, die Fruchtbarkeitsstörung der verzögerten Ovulation zu vermeiden und wurde von GROEGER (2008) erarbeitet. Für die Datenerhebung unter Feldbedingungen wurden nur die Trächtigkeitsrate und klinische Parameter im perioovulatorischen Zeitraum beziehungsweise zum Zeitpunkt der Besamung erhoben. Die Ovulationsdynamik wurde nicht untersucht.

Da Erkrankungen jedweder Art das Trächtigkeitsergebnis beeinflussen können (LOEFFLER et al., 1999; GRÖHN und RAJALA-SCHULTZ, 2000) wurden die Tiere vor Aufnahme in die Studie klinisch untersucht. Rinder nach Schweregeburten, mit Puerperalstörungen, Klauenerkrankungen oder sonstigen gesundheitlichen Beeinträchtigungen wurden von der Studie ausgeschlossen.

In dieser Arbeit wurde eine Propylenglykoldmenge gewählt, die sich bereits in vorhergehenden Untersuchungen als zielführend erwiesen hat. MC ART et al. (2012) erzielten mit 300 ml Propylenglykoldrench und LOMANDER et al. (2012a,b) mit 300 ml Propylenglykoldguss positive Effekte. Das orale Drenchen wurde als Methode gewählt, da seine Vorteile aus Studien von CHRISTENSEN et al. (1997) und STUDER et al. (1993) bekannt waren. Die direkte orale Eingabe an das Einzeltier bringt den Vorteil der exakten Dosierung während beim Einmischen in die Futterration unterschiedliche Mengen von den Probanden aufgenommen werden. Des Weiteren wird die Futteraufnahme nicht durch Geschmacksveränderungen beeinflusst. Außerdem hat das Drenchen den Vorteil, dass die Substanz als Bolus direkt im Körper anflutet und somit in kürzester Zeit die gesamte Menge zur Verfügung steht (CHUNG et al., 2009a). Wie Studien von CHUNG et al. (2009a, b) beweisen erhöht sich der Effekt von Propylenglykol signifikant durch Drenchen im Vergleich zum Einmischen in die totale Mischration. Die Verfasser erreichten durch ruminalen beziehungsweise oralen Drench von 200 ml Propylenglykol ein deutliches Absenken der Butyrat-Konzentration im Pansen, sowie einen schnelleren und höheren Blutinsulin-Anstieg. Auch STUDER et al. (1993) beobachteten bereits 15 Minuten nach Propylenglykoldrench einen Insulinstieg um bis zu 400 %. Diese Ergebnisse bestätigen Untersuchungen von CHRISTENSEN et al. (1997), die ebenfalls das Drenchen zur Eingabe von Propylenglykol als Methode der Wahl hervorheben. Des Weiteren wurde in der vorliegenden Arbeit Propylenglykol nur an ausgewählte Einzeltiere verabreicht. Die Rinder wurden anhand des Zyklusstatus und der Brunstmerkmale selektiert. LOMANDER (2012) vermutete, dass Propylenglykol am Einzeltier bessere Effekte erzielen kann, als im Rahmen einer

Herdenbehandlung. Diese These wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützt, wobei in dieser Untersuchung kein Vergleich zu einer Herdenbehandlung durchgeführt wurde.

In weiterführenden Untersuchungen könnte untersucht werden, ob ein einmaliger Glycerindrench den gleichen Effekt erzielen kann. Glycerin fällt als Nebenprodukt der Biodieselproduktion an und ist somit preisgünstiger als Propylenglykol (SÜDEKUM und SCHRÖDER, 2002). Darüber hinaus schmeckt Glycerin süß. PIANTONI und ALLEN (2015) beschreiben allerdings, dass Glycerin in der doppelten Menge wie Propylenglykol eingesetzt werden muss, um den gleichen Effekt zu erzielen.

5.2.1 Fütterung

Die in dieser Arbeit untersuchten Rinder wurden entsprechend ihrer Laktationsleistung in vier Ställen mit jeweils angepassten Futterrationen gehalten. Die Tiere innerhalb eines Stalles fraßen aus derselben totale Mischration. Zwischen den einzelnen Ställen konnte kein signifikanter Unterschied im Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden ($p > 0,05$). Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Fütterung der Tiere keinen Einfluss auf die Trächtigkeitsrate hat. Die Tiere innerhalb einer Behandlungsgruppe waren aus unterschiedlichen Ställen und somit aus unterschiedlichen Futtergruppen. Aufgrund der Tatsache, dass die Probanden, die Propylenglykol erhielten, deutlich bessere Trächtigkeitsergebnisse erzielten, kann den untersuchten Tieren rückschließend eine negative Energiebilanz unterstellt werden (BUTLER und SMITH, 1989; GASTEINER, 2003; RIZOS et al., 2008). Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass der Zustand negativer Energiebilanz post partum eine physiologische Situation der Anpassung an die einsetzende Milchproduktion ist. Durch die Höhe der Milchleistung und das Maß vorhandener Fettspeicher wird lediglich die Intensität der negativen Energiebilanz beeinflusst (STANGASSINGER, 2011).

Ein Problem kann sich ergeben, wenn die Futterqualität oder -Quantität nicht dem Leistungsniveau der Hochleistungskuh entsprechen. Die Energiewerte aus der Literatur für ein bestimmtes Futtermittel und der in einer vor Ort entnommenen Futterprobe festgestellte Analysenwert klaffen oft auseinander (STEINHÖFEL, 2002). Die Futterrationen wurden in dem untersuchten Betrieb regelmäßig durch einen Spezialisten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung überprüft und Futterproben auf Qualität und Inhaltsstoffe im Labor untersucht. Demnach sollte man also davon ausgehen können, dass die Tiere bedarfsgerecht ernährt werden und es zu keinem Energiedefizit vor allem der Hochleistungstiere kommt. Jedoch ist zu bedenken, dass

Ergebnisse solcher Futterproben mitunter erst nach einigen Wochen vorliegen. Das Futter ist bis dahin meist schon verfüttert und somit können sich Mängel oder Schadstoffe bereits im Körper der Tiere manifestiert haben (GUTZWILLER, 2009). Außerdem gibt es zahlreiche weitere Einflüsse, die die Futteraufnahme beeinflussen. So wurde im untersuchten Betrieb beispielsweise ein personeller Wechsel des Futterwagenfahrers (zum Beispiel bei Urlaub oder Krankheit) in der Tagesmilchleistung sichtbar. Dass auch kleinste Veränderungen die Produktions- und Fertilitätsleistung einer Herde beeinflusst, belegen zahlreiche Studien (LOMMANDER et al., 2012 c; PRZEWOZNY, 2011).

Die Kühe in dem untersuchten Bestand waren überwiegend enthornt. Dennoch konnten in jeder Gruppe einzelne Tiere mit mindestens einem Horn angetroffen werden, was bekanntlich zu Unruhe in der Gruppe führen kann (ZEEB, 1970). Auch ist zu beachten, dass beispielsweise rangniedere Tiere am Futtertisch verdrängt werden und so eventuell nicht ausreichend Futtermasse aufnehmen können beziehungsweise mehr Stress bei der Futteraufnahme haben (PIATKOWSKI, 1968; VON KEYSERLINGK et al., 2008). Ein weiterer Faktor sind die Temperaturen in der Umwelt des Rindes. So sind die Tiere im Sommer bei sehr hohen Temperaturen eher träge, stehen unter Hitzestress und nehmen auch entsprechend weniger Futter auf (PIATKOWSKI, 1968; SCHÜLLER et al., 2014). Die theoretische Futteraufnahme stimmt in der Praxis selten mit der tatsächlichen Futteraufnahme überein.

Es wird also trotz aller Bemühungen eine Differenz zwischen theoretisch optimaler Futter- und Energieversorgung und tatsächlicher individueller Futter- und damit Energieaufnahme geben. Propylenglykol dient dem Milchrind als Energielieferant und kann zum Ausgleich oben genannter Energiedifferenzen eingesetzt werden. Wenn man diesen Gedanken weiter verfolgt, wäre es beispielsweise interessant, ob bei den tragenden Tieren, die Propylenglykol erhalten haben, vorwiegend rangniedere Tiere waren, die ja eher in ein Energiedefizit geraten und somit von der Propylenglykolgabe profitieren könnten. Diesbezügliche Daten wurden in dieser Therapiekontrollstudie nicht erhoben.

Es ist davon auszugehen, dass ein Rind, welches seinen Energiebedarf zu 100 Prozent über das aufgenommene Futter decken kann, nicht von einer zusätzlichen Energiezufuhr in Form von Propylenglykol profitieren wird. Da aber die tägliche Futterqualität und individuelle Futteraufnahme und damit die Energiebilanz der Tiere zahlreichen Schwankungen unterliegen, kann eine gezielte Propylenglykolgabe zum Energieausgleich durchaus sinnvoll sein. Diese Untersuchung zeigt, dass eine individuelle Propylenglykolgabe um den Besamungszeitraum das

Trächtigkeitsergebnis einer Herde positiv beeinflussen kann, obwohl die Tiere entsprechend ihres Leistungsniveaus optimal gefüttert werden. Ursache hierfür sind wahrscheinlich neben Schwankungen der individuellen Futteraufnahme und Futterqualität auch kurzfristig auftretende Umweltstressoren, die zu einem individuell erhöhten Energiebedarf der Tiere führen.

5.2.2 Umwelt

Die Umwelt hat laut JAHNKE (2002) und PRZEWOZNY (2011) den größten Einfluss auf die Fertilitätsleistung einer Herde, wobei beide Autoren das größte Potential im Management sehen. So ist es beispielsweise von elementarer Bedeutung, dass dank guter Betriebsführung ausreichend qualifiziertes Personal und genügend Zeit für eine adäquate Brunstbeobachtung vorhanden sind, wodurch das Trächtigkeitsergebnis signifikant gesteigert wird. Auch das frühzeitige Erkennen und Eingreifen bei Puerperalstörungen, Klauenerkrankungen und Stoffwechsellentgleisungen spielt eine große Rolle. Neben einer gründlichen Auswertung der Milchleistungsdaten trägt auch die Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung zur Herdengesundheit bei (MANSFELD et al., 2014). Nicht zuletzt legt auch das Entlohnungssystem und damit die Motivation der Mitarbeiter einen Grundstein für hervorragende Produktionsleistungen einer Herde (PRZEWOZNY, 2011). Das Managementsystem in dem untersuchten Milchviehbetrieb zeigte sich überwiegend positiv, auch wenn dies von der Verfasserin nur begrenzt beurteilt werden konnte. Besonders hervor zu heben ist die Anstellung einer bestandseigenen Besamerin, wodurch eine qualifizierte Brunstbeobachtung und Besamung gewährleistet werden konnte.

Die Fruchtbarkeit wird durch Veränderungen in der unmittelbaren Umwelt der Tiere beeinflusst. Zum Beispiel brachte die Tätigkeit der Klauenschneider, die in regelmäßigen Abständen für etwa eine Woche in der Anlage arbeiteten, extreme Unruhe in die Gruppen (durch Treiben, Fixierung im Stand, Umstallen). Dies schlug sich deutlich in einer verminderten Milchmenge nieder und auch die Zahl der umrindernden Tiere war merklich erhöht. Werden Tiere auf Grund sich ändernder Leistungsniveaus oder aus anderen Gründen umgestallt, so ergibt sich hieraus ein enormes individuelles Stresspotential (VON KEYSERLINGK et al., 2008). Die Tiere müssen sich in der neuen Gruppe erst in der Rangordnung integrieren und sich in den neuen räumlichen Gegebenheiten (Lokalisation der Tränke, Futterplatz, Laufgänge) zu Recht finden. Durch Stress kommt es zur vermehrten Cortisolausschüttung und damit verminderter Fruchtbarkeit und vermehrter embryonalen Mortalität (STOEBEL und MOBERG, 1982). Während des Untersuchungszeitraumes wurden auch einzelne Rinder aus den untersuchten

Gruppen aufgrund sich verändernder Leistungsniveaus umgestallt. Inwiefern dadurch das Trächtigkeitsergebnis beeinflusst wurde, wird in der vorliegenden Studie nicht untersucht. LOMANDER (2012) erkannte in ihren Untersuchungen sinkende Fruchtbarkeitsleistung durch Systemwechsel, also bei Veränderungen des Haltung- oder Melksystems, sowie bei Umstellung von konventionellen auf ökologischen Betrieb. Ein Systemwechsel wurde in dem untersuchten Betrieb erst nach Beendigung der Datenerhebung durchgeführt und hatte somit keinen Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse. Da die Probanden der vorliegenden Studie den gleichen Umwelteinflüssen und Stressoren ausgesetzt waren, kann deren Einfluss auf die Ergebnisse innerhalb der Untersuchung vernachlässigt werden.

Auch die Aufstallungsart beeinflusst die Fruchtbarkeitsleistung. In Laufstallhaltung ist die Brunstsymptomatik deutlicher sichtbar, da die Tiere mehr Bewegungsmöglichkeit und Kontakt zu Stallgenossen haben (THAMLING, 1980). Durch den eingeschränkten Bewegungsraum in Anbindehaltung kann kein gegenseitiges Bespringen oder vermehrte Laufaktivität zur Brunstkontrolle genutzt werden (HINRICHSSEN und KONOLD, 1980). Jedoch ist hier die Anzahl der Tiere pro Arbeitskraft meist geringer, wodurch mehr Zeit zur Kontrolle pro Tier bleibt (ZEEB, 1970) und der Abgang von Brunstschleim kann oft besser erkannt werden. In der untersuchten Milchviehanlage wurden die Rinder im Laufstall gehalten, wodurch Brunstverhalten optimal beobachtet werden konnte.

Wie eine Studie der Universität Berlin zeigte, hat auch das Stallklima einen deutlichen Einfluss auf die Fruchtbarkeit. SCHÜLLER et al. (2014) belegten in dieser Arbeit einen negativen Effekt von Hitzestress auf die Fruchtbarkeitsleistung von Milchviehherden auch in gemäßigten Klimazonen. Bereits eine Stunde Hitzestress am Tag der Besamung führte zu einem Absenken der Trächtigkeitsrate um 22 %. Da in der vorliegenden Untersuchung alle Tiere den gleichen Witterungsbedingungen ausgesetzt waren, ergibt sich innerhalb der Studie kein Einfluss der Temperatur auf die erzielten Ergebnisse. Inwiefern die Herdenfruchtbarkeit während Hitzeperioden im Sommer schwankte wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht.

Durch den oralen Einsatz von Propylenglykol können Umweltfaktoren, die die Herdenfruchtbarkeit eventuell verschlechtern nicht direkt beeinflusst werden. Jedoch unterstützt die vorliegende Studie die These, dass eine Propylenglykolgabe zum effizienten Ausgleich eines sekundär stressbedingten Energiedefizites und somit zu besseren Trächtigkeitsergebnissen beitragen kann.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Einfluss der Propylenglykolgebe auf die Brunstsymptomatik

Die Ausprägung der Brunstsymptome (Vulvaödematisierung, Brunstschleim, Duldungsreflex, Uterustonisierung) ergab zwischen den einzelnen Gruppen und zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren keine signifikanten Unterschiede. Auch die Leichtigkeit der Besamungstätigkeit war in den Gruppen ähnlich.

70 – 77 % aller Probanden zeigten eine mäßige Vulvaödematisierung. Die Verteilung von Tieren ohne oder mit stark ausgeprägter Vulvaschwellung war in allen drei Gruppen ähnlich. Der Ödematisierungsgrad der Vulva wurde bei 85,7 % der tragenden und 67,4 % der nicht tragenden Rinder als mäßig beurteilt. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Unter den Tieren aus Gruppe 2 (95 %) und Gruppe 3 (93,2 %) konnte etwas häufiger der Abgang von Brunstschleim beobachtet werden, als in der Kontrollgruppe (82,7 %), jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant. Brunstschleim zeigten 92,9 % der tragenden und 87,6 % der nicht tragenden Tiere, die Differenz war ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich. Der Duldungsreflex konnte bei 96,4 % der tragenden und 90,7 % der nicht tragenden Rinder beobachtet werden, am häufigsten bei Tieren in Gruppe 2 mit 96,7%. Dies deckt sich mit Angaben von BORSBERRY (2011), wonach der Duldungsreflex als Hauptindiz der Brunst gilt, jedoch tritt dieses Brunstmerkmal zunehmend seltener auf und wurde in den letzten 50 Jahren fast 30 % weniger beobachtet (DOBSON et al., 2008). Auch die Zeitspanne, in der der Duldungsreflex beobachtet werden kann, hat sich deutlich reduziert (JUNG, 2009). Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie der Duldungsreflex nicht als alleiniger Detektor der Brunst selektiert, sondern die Kombination verschiedener Östrussymptome. Die deutlichste Uterustonisierung zeigten Kühe aus Gruppe 2 (98,3 %). Tiere aus Gruppe 3, denen Propylenglykol 2 Tage vor errechnetem Besamungstermin eingegeben wurden zeigten gegenüber Kühen aus den anderen zwei Gruppen keine besseren Ergebnisse in der Ausprägung der Brunstsymptomatik. Die Uterustonisierung war in Gruppe 3 sogar 16,5 % schlechter als Gruppe 2 und 5,9 % schlechter als Gruppe 1. Zwar ist dieser Unterschied nicht signifikant, dennoch sollte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden, ob eine Propylenglykolverabreichung zwei Tage ante inseminationem tatsächlich einen abschwächenden Einfluss auf die Uterustonisierung hat, oder ob eventuell der zusätzliche Stress durch Treiben und Fixieren einen negativen Effekt auf die Uterustonisierung bewirkte. Ein tonisierter Uterus wurde bei der rektalen Untersuchung bei 94,6 % der tragenden Probanden ertastet, ähnlich häufig bei nicht tragenden Rindern (87,6 %).

Die subjektive Einschätzung des Schweregrades der Besamung unterschied sich in den einzelnen Gruppen nicht signifikant. Bei 84,1 % der Tiere aus Gruppe 3, 82,7 % aus Gruppe 1 und 80 % der Tiere aus Gruppe 2 wurde die Besamung als leicht durchführbar eingestuft. Die Einschätzungen über den Schweregrad der Besamungstätigkeit unterliegen natürlich sehr stark persönlichen Schwankungen. Auf den ersten Blick scheint ein kleiner Vorteil von Gruppe 3 eine leichtere Besamung zu sein, wenngleich der Unterschied zu Gruppe 1 nur 1,4 % beträgt. Doch hier ist bei der Interpretation der Ergebnisse sicher Vorsicht geboten, da die Beurteilung der Leichtigkeit wahrscheinlich subjektiv von dem Wissen beeinflusst wird, dass dem besamten Tier 2 Tage zuvor Propylenglykol verabreicht wurde und somit ein positiver Effekt, wenn vielleicht auch unbewusst, aber doch erwartet wird.

Die Tatsache, dass keine signifikanten Unterschiede in der Ausprägung der Brunstsymptome zu erkennen waren, kann ihre Ursache in der Beurteilungsmethode haben. So ist es sehr schwierig visuell die Menge des abgehenden Brunstschleimes zu beurteilen, da dieser ja nur sporadisch und nicht permanent zu sehen ist. Auch der Ödematisierungsgrad unterliegt der subjektiven Bewertung. So kann eine Schwellung der Vulva bei einer zierlichen Kuh deutlicher auffallen, als bei einer kräftigen, rundlichen Kuh, die aber objektiv betrachtet eigentlich eine mindestens gleich starke Vulvaödemiesierung aufweist.

Die Brunstbeobachtung unterlag in der Regel der Eigenbestandsbesamerin, die täglich mehrere Rundgänge durch die Ställe absolvierte. Des Weiteren wurden die Tiere während Stallarbeiten (Treiben, Füttern, Reinigung) auf Brunstsymptome kontrolliert. Im Verlauf der Studie fiel auf, dass die Tiere während der Tätigkeiten im Stall lebhafter waren und so brünstige Tiere besser erkannt wurden. Dies widerspricht der Annahme von PENNINGTON et al. (1986) Kühe würden durch solche Stallarbeiten von ihrem Brunstverhalten abgelenkt. Auch die Aussage von CAVESTANY et al. (2008) die Brunstbeobachtung solle während der Ruhephasen der Tiere erfolgen, konnte nicht bestätigt werden. Die Probanden schienen beim Treiben und Selektieren deutlich aktiver und sprangen subjektiv häufiger auf Stallkolleginnen auf. Laut Untersuchungen von VAN EERDENBURG et al. (1996) und ROELOFS et al. (2005a) können erst bei mindestens dreimaliger Brunstbeobachtung zu je 30 Minuten zufriedenstellende Brunsterkennungsraten von bis zu 90 % erreicht werden. Der persönliche Eindruck während der Versuche deutete auf ein gutes Niveau bei der Brunstbeobachtung und Brunsterkennung in dem untersuchten Milchviehbetrieb. Daten zur Brunsterkennungsrate wurden jedoch nicht erhoben. Die beobachteten Zusammenhänge bestärken Ergebnisse von

PRZEWOZNY (2011). Die Autorin beschreibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen Fähigkeiten und Zuständigkeiten des Personals bei der Brunstbeobachtung und dem Fruchtbarkeitsniveau einer Herde. Es kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund des guten Brunstbeobachtungskonzeptes im untersuchten Betrieb die Brunsterkennungsrate während des Versuchszeitraumes entsprechend hoch war. Die Probanden der drei Versuchsgruppen wurden alle von der gleichen Person auf Brunstsymptome untersucht, wodurch Einflüsse durch Qualitätsunterschiede in der Brunstbeobachtung, sowie unterschiedliche Interpretation der gleichen Brunstexpression ausgeschlossen werden können.

Die Brunstsymptome konnten in dieser Untersuchung nicht signifikant durch eine orale Propylenglykollgabe verändert werden. Die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie decken sich bezüglich der Ausprägung der Brunstsymptome nicht mit der Arbeit von GROEGER (2008), der eine deutlichere Expression von Östrussymptomen nach Glukoseinfusion am 18. oder 19. Zyklustag beobachtete. Er stellte die These auf, dass durch die Glukoseinfusion am 19. Zyklustag die Konzentration von Östradiol-17 β steigt, wodurch es zu einer deutlicheren Ausprägung der Östrussymptome kommt. Zu bedenken ist, dass GROEGER (2008) in seiner Arbeit eine kleine Tiergruppe mit nur 10 Probanden untersuchte, die zudem in Anbindehaltung standen. Die Haltungsform ist vermutlich auch ein Grund, warum GROEGER (2008) vor Glukoseinfusion bei 41,7 % der Tiere eine Stillbrünstigkeit detektierte. Somit wird ein einsetzender Anstieg der Brunstsymptomatik auf 66,7% post infusionem wieder relativiert. Fraglich ist, ob der Autor bei einer größeren Tierzahl und in Laufstallhaltung zu ähnlichen Resultaten gekommen wäre. Andererseits wurden in die vorliegende Studie nur Tiere einbezogen, die zuvor als brünstig erkannt wurden, beziehungsweise bei denen rechnerisch eine Brunst in zwei Tagen ermittelt wurde. Somit wurden keine stillbrünstigen Tiere in die Untersuchungen aufgenommen, womit sich ein deutlicher Unterschied zu der Arbeit von GROEGER (2008) ergibt.

Da es keinen signifikanten Unterschied in der Brunstsymptomatik zwischen den drei Gruppen gibt und auch keine signifikante Differenz im Trächtigkeitsergebnis zwischen Gruppe 2 und 3, ist zu überlegen, inwieweit es sinnvoll ist, den Tieren zwei Tage vor erwartetem Besamungszeitpunkt Propylenglykol zu verabreichen. Wenn den Rindern Propylenglykol in Form eines Drench verabreicht werden soll, ist es sicher effizienter das Propylenglykol zur Besamung einzugeben, da somit kein zusätzlicher Arbeitsaufwand für Selektieren und Fixieren der zu behandelnden Kühe

und für das Tier somit auch kein zusätzlicher Stress entsteht. Eventuell liegt auch hierin eine mögliche Begründung für die insgesamt etwas schlechtere Ausprägung der Brunstsymptomatik der Probanden in Gruppe 3. Es wäre denkbar, dass der Stress beim Einfangen und Fixieren für die Propylenglykolgabe zu einer Abschwächung der Brunstsymptomatik geführt hat. Dies würde sich mit einer Studie von STOESEL und MOBERG (1982) decken, wonach eine erhöhte Konzentration an Cortisol oder Corticotropin zu einer Hemmung des Sexualverhaltens führt. Auch GROEGER (2008) beobachtete diese Expressionsunterdrückung der Brunstsymptome bei Probanden, die während des Östrus manipuliert wurden.

Es ist insgesamt davon auszugehen, dass das Trächtigkeitsergebnis innerhalb der Studie nicht signifikant durch die Ausprägung der Brunstsymptome und folglich auch nicht durch die Brunstbeobachtung beeinflusst wurde. Die Tatsache, dass bei den nicht tragenden Rindern die Brunstexpression etwas geringer (wenn auch nicht signifikant) ausgeprägt war, lässt vermuten, dass eventuell einzelne Tiere sich noch nicht oder nicht mehr in der Hauptbrunst befanden und somit zu früh oder zu spät besamt wurden, wodurch ein negatives Trächtigkeitsergebnis erzielt wurde. Da die Propylenglykolgabe keinen Einfluss auf die Ausprägung der Brunstsymptome hatte, konnte Propylenglykol über diesen Weg nicht den Besamungserfolg verbessern. Rückschließend kann davon ausgegangen werden, dass stattdessen die Propylenglykolgabe über einen Ausgleich eines Energiedefizites das Trächtigkeitsergebnis der Herde verbesserte, indem es möglicherweise die Rate an verzögerten Ovulationen positiv beeinflussen konnte. Berücksichtigt werden sollte jedoch die Methode der Beurteilung der Brunstsymptome. Die Beurteilung basierte auf subjektiver, visueller Sinneswahrnehmung. Wenn statt dessen technische Hilfsmittel, wie beispielsweise elektrische Widerstandsmessung des Brunstschleimes, Aufsprungdetektoren oder Milchprogesterontests, eingesetzt worden wären, hätte sich eventuell ein deutlicher Unterschied der Brunstexpression zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren ergeben, wie es nach Studien von MSANGI et al. (2004), GROEGER (2008) oder JONES und WADE (2002) zu erwarten gewesen wäre.

5.3.2 Einfluss der Propylenglykolgabe auf Besamungserfolg und Trächtigkeitsrate

Insgesamt wurden von den 185 Probanden der Studie 56 Tiere tragend. Signifikant mehr Trächtigkeiten wurden in Gruppe 2 mit 40 % und in Gruppe 3 mit 36,4 %

festgestellt, im Vergleich zur Kontrollgruppe (19,8 %). Der Unterschied zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 ist nicht signifikant.

In dieser Untersuchung konnte somit eine signifikante Steigerung der Trächtigkeitsrate durch eine einmalige orale Propylenglykoldgabe erzielt werden.

Basierend auf der Studie von GROEGER (2008) kann angenommen werden, dass Propylenglykol einen positiven Einfluss auf den Ovulationszeitpunkt hat, ähnlich wie die von ihm eingesetzte Glukose. Inwiefern Propylenglykol in der vorliegenden Arbeit einen direkten Einfluss auf die Östrogensynthese und den Zeitpunkt der LH-Ausschüttung hat, kann nicht gesagt werden. Da Propylenglykol aber ebenso wie Glukose als glukoplastische Substanz den Energiestoffwechsel des Rindes beeinflusst, kann davon ausgegangen werden, dass beide Substrate über ähnliche Wirkmechanismen auf die Fruchtbarkeit der Milchkuh Einfluss nehmen. Weitere Untersuchungen hierzu sind notwendig.

Der Besamungsindex ergibt sich aus allen Besamungen in einem festgelegten Zeitraum geteilt durch die Anzahl tragender Tiere (BUSCH, 1995). Der Besamungsindex wurde aus 185 Tieren der Studie und 56 erfolgreichen Besamungen ermittelt und lag mit einem Wert von 3,3 deutlich schlechter als der mittlere Sollwert von 1,8 (BUSCH, 1995). Grund für den hohen Besamungsindex können schlechte Brunsterkennungsraten, unpassende Besamungszeitpunkte und vermehrt umrindernde Kühe sein (METZNER und MANSFELD, 1992). Ein schlechtes Brunsterkennungs- und Besamungsmanagement konnte in dem untersuchten Betrieb nicht festgestellt werden. Ursache für den hohen Besamungsindex dürften wohl andere Fruchtbarkeitsprobleme sein. In Gruppe 2 lag der Besamungsindex bei 2,5 und in Gruppe 3 bei 2,7 und somit näher am Idealwert. Die Propylenglykoldgabe konnte den Besamungsindex positiv beeinflussen, was zu der Schlussfolgerung führt, dass ein Energiedefizit bei einem Teil der Herde vorlag.

Der Erstbesamungsindex spiegelt das Verhältnis der erfolgreichen Erstbesamungen zu insgesamt durchgeführten Erstbesamungen wieder. In der Literatur werden Erstbesamungserfolge von mindestens 45 % (HOEDEMAKER et al., 2014) bis über 60 % (BUSCH, 1995) angestrebt. Für die untersuchte Tiergruppe wurde ein Erstbesamungsindex von 39 % ermittelt. Gruppe 2 liegt mit einem Erstbesamungserfolg von 58 % im Normbereich. Auch Gruppe 3 bewegt sich mit 46 % in diesem Feld, während in der Kontrollgruppe nur 19 % der Tiere nach Erstbesamung tragend wurden. Die signifikant erfolgreicheren Erstbesamungen in Gruppe 2 und 3 sprechen für einen positiven Effekt von Propylenglykol auf den Erstbesamungserfolg. Dies würde Vermutungen von MIETTINEN (1993)

unterstützen, der einen Zusammenhang zwischen Erstbesamungserfolg und Energiebilanz während der ersten 50 Tage post partum sah. Sechs von neun Färsen wurden in der durchgeführten Studie tragend, fünf davon nach Erstbesamung (55,56 %). Dieses Ergebnis liegt unter dem von JAHNKE (2002) erwähnten Erstbesamungserfolg von 70 % bei Färsen. Zu beachten ist jedoch, dass die vorliegenden Ergebnisse für die Altersgruppe der Färsen statistisch sehr fragwürdig sind, da die Gruppe von Färsen sehr klein war.

Bei den tragenden Rindern lag die letzte Kalbung im Mittel 3,4 Monate (102 Tage) von der letzten Besamung zurück, was eine gute Günstzeit darstellt. Nicht tragende Tiere wiesen einen Mittelwert von 4 Monaten (120 Tage) auf. Laut HOEDEMAKER et al. (2014) sollte die theoretische mittlere Günstzeit maximal 85 Tage betragen. Jedoch gehen die Autoren davon aus, dass in der Praxis eine gute Herdenfruchtbarkeit vorliegt, wenn 75 % der Tiere eine Günstzeit von 115 Tagen vorweisen. Unter den erfassten Tieren befanden sich auch Kühe, die bereits zum siebenten Mal besamt wurden und kurz vor der Merzung standen. Einige solcher Rinder wurden erfreulicherweise nach Propylenglykolgebe tragend. Durch oben genannte einzelne Extremfälle wird der mittlere Günstzeitwert deutlich beeinflusst.

In der untersuchten Herde waren deutliche Unterschiede in den Trächtigkeitsergebnissen bei der betriebseigenen Besamerin und dem Vertretungsdienst sichtbar, wobei die Bestandsbesamerin bessere Ergebnisse erzielte. Grund hierfür dürfte sein, dass an Tagen, an denen die Betriebsbesamerin abwesend war, die Brunstkontrolle durch anderes Personal übernommen wurde, welches diese Aufgabe zusätzlich zu den eigenen Arbeiten übernahm und weniger Zeit und Erfahrung hierfür hatte. Somit wurden dem Vertretungsbesamer gegebenenfalls mehr Kühe vorgestellt, die eigentlich noch nicht zur Besamung anstanden und andere Tiere, bei denen der Zeitpunkt für eine Belegung eigentlich optimal wäre, wurden nicht erkannt und somit auch nicht vorgestellt. Ein ähnliches Problem dürfte an Wochenenden und Feiertagen vorliegen, da hier meist weniger Personal zur Verfügung steht und somit die Zeit für Brunstkontrolle nur begrenzt ist. Diese Beobachtungen decken sich mit den Erkenntnissen von VAN EERDENBURG et al. (1996), ROELOFS et al. (2005a) und PRZEWOZNY (2011). Auf Grund dieser Differenzen wurden nur Probanden in die Studie aufgenommen, die von der Bestandsbesamerin belegt wurden.

Der Besamungserfolg gemessen an der Trächtigkeitsrate 6 Wochen nach der Besamung lag in der vorliegenden Studie bei 30,3 %. Auch in Betrieben mit optimalen Bedingungen werden nach Erstbesamung kaum mehr als 60 % der Tiere

tragend (BOYD und REED, 1961; BUSCH, 1995; MANSFELD et al., 1999). Bei Färsen werden mit 75 – 80 % etwas höhere Werte beobachtet (STOLLA und DE KRUIF, 1999; JAHNKE, 2002). In solchen Betrieben beträgt die Trächtigkeitsrate spätestens nach der 3. Besamung jedoch fast 90 % (BOYD und REED, 1961; STOLLA und DE KRUIF, 1999). Der größte Teil der nicht tragenden und damit meist umrindernden Tiere lässt sich in zwei Gruppen einteilen. Zum einen handelt es sich um Rinder, bei denen zwar eine Konzeption stattfindet, es aber zum Absterben des Embryos kommt (LUCY, 2001). Diese Tiere machen wohl einen weitaus größeren Anteil unter den nicht tragenden Rindern aus, als bisher angenommen. Laut ROBINSON et al. (2008) können nur rund 50 % der befruchteten Kühe die Trächtigkeit aufrechterhalten. Eine gehäufte embryonale Mortalität wird zwischen dem 8. und 16. Trächtigkeitstag beobachtet (MORRIS und DISKIN, 2008). Der zweite Teil der nichttragenden Tiere setzt sich aus Rindern zusammen, bei denen keine Konzeption erfolgt. Da in der Studie die Trächtigkeit erst 6 Wochen nach Besamung durch rektale Untersuchung festgestellt wurde, kann keine Aussage über die tatsächliche Konzeptionsrate und den Anteil von frühembryonalen Verlusten getroffen werden. Es wird aber vermutet, dass bei sonographischer Trächtigkeitsuntersuchung etwa 4 Wochen nach der Belegung ein besseres Besamungsergebnis ermittelt werden könnte. Für den Landwirt macht es allerdings wenig Sinn routinemäßig frühe Trächtigkeiten zu diagnostizieren, von denen nur ein gewisser Anteil erhalten bleibt.

Es ist eindeutig festzustellen, dass sich die orale Gabe von Propylenglykol um den Zeitpunkt der Besamung positiv auf das Trächtigkeitsergebnis auswirkt. Propylenglykol stellt als glukoplastische Substanz einen Energieträger für das Rind dar. Damit ermöglicht Propylenglykol Hochleistungsrindern auch in Phasen mit vermindertem Futteraufnahmevermögen post partum ihre Energiebilanz auszugleichen, ohne in eine ketogene Stoffwechselsituation zu geraten. GASTEINER (2003) sowie BUTLER et al. (2006) gehen davon aus, dass Propylenglykol nur bei Tieren in negativer Energiebilanz eine messbare Wirkung zeigt. Der erzielte positive Effekt der oralen Propylenglykologabe gibt demnach Rückschlüsse auf ein zumindest vorübergehendes Energiedefizit bei Tieren der untersuchten Herde. Nur wenn diese Energieimbalance ausgeglichen wird, kann eine Besamung erfolgreich zu einer Trächtigkeit führen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass eine einmalige zusätzliche orale Energiezufuhr im Besamungszeitraum genügen kann, um die Herdenfruchtbarkeit signifikant zu verbessern. Somit wird den

Milchviehbetrieben eine kostengünstige und wenig zeitaufwendige Möglichkeit zur Steigerung der Herdenfruchtbarkeit aufgezeigt. Da die orale Propylenglykoldgabe leicht durchzuführen ist und keine veterinärmedizinischen Vorkenntnisse bedarf, ist diese Methode für das Betriebspersonal praktisch selbständig umsetzbar. Es muss kein Tierarzt anwesend sein, im Gegensatz zu Infusionsstudien, die sich nicht als Herdenbehandlung eignen (BARTLEY und BLACK, 1966; JUDSON und LENG, 1973; GABAI et al., 2002; CHELIKANI et al., 2003; WEHREND und BOSTEDT, 2005; GROEGER, 2008; PIANTONI und ALLEN, 2015).

Eine Frage, die genauere Untersuchungen bedarf, ist in diesem Zusammenhang, wie genau Propylenglykol in der vorliegenden Studie das Trächtigkeitsergebnis positiv beeinflussen konnte. Hatte das Substrat einen Einfluss auf die Ovarfunktion im Östrus und führte so zu einer höheren Konzeptionsrate, wie es etwa basierend auf den Ergebnissen von GROEGER und WEHREND (2007) nach Glukoseinfusion zu erwarten wäre? Oder blieb die Konzeptionsrate selbst unverändert, aber durch den Energieausgleich wurde die frühembryonale Mortalitätsrate gesenkt (LUCY, 2001) und das Trächtigkeitsergebnis verbesserte sich hierdurch? Für letzteres würde sprechen, dass die Brunstsymptome nicht signifikant beeinflusst werden konnten.

5.4 Abschließende Betrachtung

Abschließend ist festzustellen, dass die orale Gabe von Propylenglykol durchaus eine Möglichkeit ist, um das Trächtigkeitsergebnis einer Herde zu verbessern und Kosten, die durch Fruchtbarkeitsprobleme auftreten, zu senken. Laut FETROW und MANSFELD (2014) kostet zwischen dem 70. und 250. Laktationstag ein Gütstag pro Kuh 3 - 5 € zusätzlich. Für jede Nachbesamung muss mit etwa 21 € gerechnet werden (BVN, 2016).

Für die orale Propylenglykolverabreichung mittels Applikator kann mit einem Materialpreis von 0,3 – 0,45 € pro 300 ml Propylenglykol und einem Arbeitsaufwand (Fixieren im Fressgitter, orale Eingabe) von 3 – 4 Minuten pro Tier mit 0,75 – 1 € (bei 15 €/ Arbeitsstunde), also insgesamt 1,05 - 1,45 € pro Tier pro Zyklus gerechnet werden.

Der finanzielle Aufwand pro Tier für die Propylenglykolverabreichung ist um ein vielfaches günstiger, als Mehrfachbesamungen und verlängerte Gützeiten infolge mangelnder Trächtigkeitserfolge.

In den letzten Jahren sind vermehrt Propylenglykoldosierer auf dem Markt verfügbar, die per Transponderabruf dem Einzeltier Propylenglykol auf die Kraftfütterration aufsprühen und somit die manuelle orale Eingabe ersparen. Solche Dosierapparate

lohnen sich laut Experten bei einer durchschnittlichen Herdengröße von rund 70 Kühen (Rinderspezialberatung Itzehoe, 2005). Das Einmischen von Propylenglykol in die Futtermischung ist deutlich teurer als Drenchen und ist aus ökonomischer Sicht nur für größere Herden geeignet (IWERSEN, 2010). Außerdem erkannten CHUNG et al. (2009a) signifikant schlechtere Wirkung des Einmischens gegenüber dem Drench.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass bereits eine einmalige Propylenglykoldosis zum Besamungszeitpunkt einen positiven Effekt auf die Fruchtbarkeit hat. Es wird klar, dass sich der Aufwand der Einzeltierapplikation zumindest in nicht zu großen Beständen lohnt um die Fruchtbarkeitsergebnisse zu verbessern.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss einer einmaligen oralen Verabreichung von 300 ml Propylenglykol auf die Brunstsymptome und das Trächtigkeitsergebnis bei Milchkühen außerhalb des Puerperiums untersucht.

176 Kühe und 9 Färsen der Rasse Schwarzbunte aus einer Milchviehanlage wurden in die Studie aufgenommen. Mittels randomisierten Losverfahren wurden die Tiere in drei Gruppen eingeteilt. In der Gruppe 1 erhielten 76 Kühe und 5 Färsen am Tag der Besamung 300 ml Wasser oral. 56 Kühe und 4 Färsen in Gruppe 2 wurden mit 300 ml Propylenglykol am Besamungstag gedrencht. In Gruppe 3 erhielten 44 Kühe 2 Tage vor der Besamung 300 ml Propylenglykol oral verabreicht.

Am 42. Tag post inseminationem erfolgte eine Trächtigkeitskontrolle.

Folgende relevanten Ergebnisse konnten erzielt werden:

- Die Trächtigkeitsrate war bei Tieren, denen Propylenglykol verabreicht wurde mit 36,4 - 40% signifikant höher ($p < 0,05$), als in der Kontrollgruppe (19,8 %).
- Die Expression der Brunstsymptome zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen und zwischen tragenden und nicht tragenden Tieren.

Abschließend ist die vorliegende Studie zu dem Ergebnis gekommen, dass eine einmalige orale Verabreichung von 300 ml Propylenglykol als Drench um den Besamungszeitpunkt die Trächtigkeitsrate signifikant verbessern kann, jedoch keinen Einfluss auf die Ausprägung der Brunstsymptome hat.

7 Summary

In this study, the effect of a single-dose oral administration of 300 ml of propylene glycol on the estrus symptoms and the pregnancy rate of dairy cows outside of the puerperium was examined.

176 cows and 9 heifers of the Friesian breed from one herd were included in the study. Using a randomized selection procedure, the animals were classified into three groups. In Group 1, 76 cows and 5 heifers were given 300 ml of water orally on the day of insemination. The 56 cows and 4 heifers of Group 2 were drenched with 300 ml of propylene glycol on the day of insemination. In Group 3, 44 cows were given 300 ml of propylene glycol orally 2 days before insemination.

A pregnancy check was carried out on the 42nd day after insemination.

The following relevant results could be achieved:

- With 36.4 - 40%, the pregnancy rate of animals that were given propylene glycol was significantly higher ($p < 0.05$) than in the control group (19.8%).
- The expression of estrus symptoms showed no significant difference between the groups and between pregnant and not pregnant animals.

In conclusion, this study showed that a single-dose oral administration of 300 ml of propylene glycol as a drench around the time of insemination can significantly improve the pregnancy rate, but has no effect on the expression of the estrus symptoms.

8 Literaturverzeichnis

ADAMSKI M, KUPCZYNSKI R, CHLADEK G, FALTA D (2011): Influence of propylene glycol and glycerin in Simmental cows in periparturient period on milk yield and metabolic changes. Arch Tierzucht 54, 238-248

ALLEN MS (2000): Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J Dairy Sci 83, 1598-1624

APPLEYARD WT, COOK B (1976): The detection of oestrus in dairy cattle. Vet Rec 99, 253-256

ASCHENBACHER PW, SMITH VR, STONE WH (1956): Observations on fertility following inseminations at three stages of the same oestrus. J Anim Sci 15, 952-958

ASHWORTH MD, ROSS JW, STEIN DR, ALLEN DT, SPICER LJ, GEISERT RD (2005): Endocrine disruption of uterine insulin-like growth factor expression in the pregnant gilt. Reprod 130 (4), 545-551

ASDELL SA, DE ALBA J, ROBERTS SJ (1949): Studies on the oestrus cycle of dairy cattle: Cycle length, size of corpus luteum and endometrial changes. Cornell Vet 39, 389-402

BAILEY T, NEBEL R, WALKER W (1995): New technology for managing heat detection. Society of Theriogenology, Proceedings for annual meetings, San Antonio, Texas, 20-30

BALHARA AK, GUPTA M, SINGH S, MOHANTY AK, SINGH I (2013): Early pregnancy diagnosis in bovines: current status and future directions. Sci World J 2013, 1-10

BANE A, RAJOKOSKI E (1961): The bovine oestrus cycle. Cornell Vet 51, 77-95

BARBAT A, LE MEZEC P, DUCROCQ V, MATTALIA S, FRITZ S, BOICHARD D, PONSART C, HUMBLLOT P (2010): Female fertility in French dairy breeds: current situation and strategies for improvement. J Reprod Dev 56, 15-21

BARTLEY JC, BLACK AL (1966): Effect of exogenous glucose on glucose metabolism in dairy cows. *J Nutr* 89, 317-328

BEAM SW, BUTLER WR (1997): Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod* 56, 133-142

BEARDEN HJ, HANSEL WM, BRATTON RW (1956): Fertilization and embryonic mortality rates of bulls with histories of either low or high fertility in artificial breeding. *J Dairy Sci* 39, 312-318

BECKER F, KANITZ W, HEUWIESER W (2005): Advantages and disadvantages of different methods of heat detection in cattle. *Züchtungskunde* 77 (2-3), 140-150

BEEM AE, BATEMAN HG, WILLIAMS CC, STANLEY CC, GANTT DT, CHUNG YH, VALDEZ FR (2003): Effects of prepartum dietary energy concentration and Ca-propionate on transition performance. *J Dairy Sci* 86, 105

BELL AW, BURHANS WS (1998): Feeding the transition cow. *Proc Cornell Nutr Conf Feed Manuf Cornell Univ, Ithaca NY*, 247-258

BERNARD C, VALET JP, BELAND R, LAMBERT RD (1983): Prediction of bovine ovulation by a rapid radioimmunoassay for plasma LH. *J Reprod Fertil* 68,425-430

BERRY DP, FRIGGENS NC, LUCY M, ROCHE JR (2016): Milk production and fertility in cattle. *Annu Rev Anim Biosci* 4, 269-290

BERTICS SJ, GRUMMER R, CADORNIGA-VALINO C, STODDARD E (1992): Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J Dairy Sci* 75, 1914-1922

BISHOP DK, WETTEMANN RP (1993): Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates luteal activity in nutritionally anestrous beef cows. *J Anim Sci* 71, 2714 —2720

BJERRE-HARPOTH V, STORM AC, ESLAMIZAD M, KUHLA B, LARSEN M (2015): Effect of propylene glycol on adipose tissue mobilization in postpartum over-conditioned Holstein cows. *J Dairy Sci* 98 (12), 8581-8596

BLEACH ECL, GLENCROSS RG, KNIGHT PG (2004): Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reprod* 127(5), 621-629

BLUM JW (2004): StoffwechsellLeistungen der Milchdrüse des Rindes. Übers. *Tierernährung* 32, 182-201

BONILLA AQS, OLIVEIRA LJ, OZAWA M, NEWSOM EM; LUCY MC, HANSEN PJ (2011): Developmental changes in thermoprotective actions of insulin-like growth factor-1 on the preimplantation bovine embryo. *Mol Cell Endocrinol* 332, 170-179

BORSBERRY S (2011): Detecting oestrus in dairy cows. *Vet Rec* 169, 45-46

BOSTEDT H, KUHN A, SCHÄDLICH R, SCHWANRZ G (1977): Ovulationskontrolle beim Rind im Rahmen der artifiziiellen Insemination und seine Bedeutung für das Graviditätsergebnis. *Berl Münch Tierärztl Wschr* 90, 113-116

BOSTEDT H, STOLLA P, GLATZEL P (1979): Klinische Befunde und endokrine Aktivität von Corpora lutea beim Rind. *Veterinär-Humanmedizinische Tagung München, Alete-Bericht* 1, 37-39

BOSTEDT H (2006): Angaben zum weiblichen Geschlechtszyklus; Kontrolle des Herdenfruchtbarkeitsstandes; Beziehung zwischen Ernährung und Fruchtbarkeit. In: BOSTEDT H (Hrsg.): *Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind*, DLG Verlag, Frankfurt am Main 5. Auflage, 41-68, 304-328, 329-331

BOUSQUET D, BOUCHARD E, DU TREMBLAY D (2004): Decreasing fertility in dairy cows: myth or reality? In: *Proceedings of the WBC Congress, Quebec, Canada*, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.7047&rep=rep1&type=pdf>, zuletzt geöffnet am 24.02.2017

BOYD J, REED HCB (1961): Investigations into the incidence and causes of infertility in dairy cattle. Influence of some management factors affecting the semen and insemination conditions. *Br Vet J* 117, 74-86

BRUYÉRE P, HÉTREAU T, PONSART C, GATIEN J, BUFF S, DISENHAUS C, GIROUD O, GUÉRIN P (2012): Can video cameras replace visual estrus detection in dairy cows? *Theriogenology* 77 (3), 525-530

BURNS PD, SPITZER JC, HENRICKS DM (1997): Effect of energy restriction on follicular development and luteal function in non lactating beef cow. *J Anim Sci* 75, 1078-1086

BUSCH W (1995): Fruchtbarkeitkontrolle beim Rind. In: W BUSCH, K ZEROBIN (Hrsg.), Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 71-211

BUSCH W (2004): Fruchtbarkeitskontrolle im Rahmen des Herdenmanagements. In: BUSCH W, METHLING W, AMSELGRUBER W (Hrsg.): Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre, 168-192

BUSCH W, WABERSKI D (2007): Entwicklung der Künstlichen Besamung. In: W BUSCH und D WABERSKI (Hrsg.): Künstliche Besamung bei Haus- und Nutztieren, Schattauer, Stuttgart/New York, 1-3

BUTLER WR, SMITH RD (1989): Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci* 72, 767-783

BUTLER, WR (2000): Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle, *Anim Reprod Sci* 60-61, 449-457

BUTLER ST, PELTON SH BUTLER WR (2006): Energy balance, metabolic status and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *J Dairy Sci* 89, 2938-2951

BVN-BESAMUNGSVEREIN NEUSTADT A. D. AISCH: Besamungsgebühren Rind.
http://www.bvn-online.de/de/service/rind_3/besamung_2/gebuehren.html. zuletzt
aufgerufen am 11.03.2016

CAJANDER S, BIRSING L (1975): Fine structural demonstration of acid phosphatase in rabbit germinal epithelium prior to induced ovulation. *Tissue Res* 164, 279-289

CARTER F, FORDE N, DUFFY P, WADE M, FAIR T, CROWE MA, EVANS ACO, KENNY A, ROCHE JF LONERGAN P (2008): Effect of increasing progesterone concentration from Day 3 of pregnancy on subsequent embryo survival and development in beef heifers. *Reprod Fert Dev* 20(3), 368–375

CASTRO N, KAWASHIMA C, VAN DORLAND HA, MOREL I, MIYAMOTO A, BRUCKMAIER RM (2012): Metabolic and energy status during the dry period is crucial for the resumption of ovarian activity postpartum in dairy cows. *J Dairy Sci* 95(10), 5804-5812

CAVESTANY D, FERNANDEZ M, PEREZ M, TORT G, SANCHEZ A, SIENA R (2008): Oestrus behavior in heifers and lactating dairy cows under a pasture-based production system. *Vet Quart* 30, 10-34

CHAGAS LM, BASS JJ, BLACHE D, BURKE CR, KAY JK, LINDSAY DR, LUCY MC, MARTIN GB, MEIER S, RHODES FM, ROCHE JR, THATCHER WW, WEBB R (2007): Invited Review: New Perspectives on the Roles of Nutrition and Metabolic Priorities in the Subfertility of High-Producing Dairy Cows, *J Dairy Sci* 90 (9), 4022-4032

CHAGAS LM, TUNON GE, TAUFVA VK, BURKE CR, WAGHORN GC (2010): Reproductive performance of pasture-fed dairy cows supplemented with monpropylene glycol. *N Z Vet J* 58 (1), 17-22

CHAUHAN FS, MGONGO FOK, KESSY BM (1984): Recent advances in hormonal therapy of bovine reproductive disorders: a review. *Vet Bull* 54, 991-1009

CHELIKANI PK, KEISLER DH, KENNELLY JJ (2003): Response of plasma leptin concentration to jugular infusion of glucose or lipid is dependent on the stage of lactation of holstein cows. *J Nutr* 133, 4163-4171

CHIESA F, GAIANI R, FORMIGONI A, ACCORSI PA (1991): Hormonal and metabolic variations in high-yielding dairy cows during dry period and lactation. *Arch Vet Ital* 42, 157-179

CHOW SC, SHAO J, Wang H (2008): *Sample Size Calculations in Clinical Research*, Second Edition. Chapman and Hall/CRC. Boca Raton, Florida, 25-161

CHRISTENSEN JO, GRUMMER RR, RASMUSSEN F, BERTICS SJ (1997): Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J Dairy Sci* 80, 563-568

CHUNG YH, GIRARD ID, VARGA GA (2009a): Effects of feeding dry propylene glycol to early postpartum Holstein dairy cows on production and blood parameters. *Animal* 10, 1368-1377

CHUNG YH, MARTINEZ CM, BROWN NE, CASSIDY TW, VARGA GA (2009b): Ruminal and blood responses to propylene glycol during frequent feeding. *J Dairy Sci* 92 (9), 4555-4564

CLEMETE M, DE LA FUENTE J, FAIR T, AL NAIB A, GUTIERREZ-ADAN A, ROCHE JF, RIZOS D, LONERGAN P (2009): Progesterone and conceptus elongation in cattle: a direct effect on the embryo or an indirect effect via the endometrium? *Reprod* 138 (3), 507-517

CLEMENTE M, LOPERZ-VIDRIERO I, O'GAORA P, METHA JP, FORDE N, GUTIERREZ-ADAN A, LONERGAN P, RIZOS D (2011): Transcriptome changes at the initiation of elongation in the bovine conceptus. *Biol Reprod* 85(2), 285-295

COLAK M, SHIMIZU M, MATSUNAGA N, MURAYAMA C, NAGASHIMA S, KATAOKA M, KAWASHIMA C, MATSUI M, VAN DORLAND H, BRUCKMAIER RM, MIYAMOTO A (2011): Oestradiol enhances plasma growth hormone and insulin-like growth factor-I concentrations and increased the expression of their receptors mRNAs in the liver of ovariectomized cows. *Reprod Dom Anim* 46, 854-861

COLLARD B L, BOETTCHER PJ, DEKKERS JCM, PETITCLERC D, SCHAEFFER LR (2000): Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *J Dairy Sci* 83, 2683-2690

DE FRAIN JM, HIPPEN AR, KALSCHEUR KF, JARDON PW (2004): Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance, *J Dairy Sci* 87, 4197-4206

DE FRAIN JM, HIPPEN AR, KALSCHEUR KF, PATTON RS (2005): Effects of feeding propionate and calcium salts of long-chain fatty acids on transition dairy performance. *J Dairy Sci* 88, 983-993

DE VRIES MJ, VEERKAMP RF (2000): Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J Dairy Sci* 83, 62-69

DISKIN MG, SREENAN JM (2000): Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev* 40, 481-491

DLQ: Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfung e.V. (2015): http://www.dlq-web.de/services/files/DLQ%20Pressemeldung_Ergebnisse%20MLP-Jahresabschluss%202015.pdf, zuletzt geöffnet am 05.03.2016

DOBSON H, WALKER SL, MORRIS MJ, ROUTLY JE, SMITH RF (2008): Why is it getting more difficult to successfully artificially inseminate dairy cows? *Anim* 2, 1104-1111

DÖCKE F (1994): Keimdrüsen. In: DÖCKE F (Hrsg.): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav-Fischer-Verlag, Jena, 3. Auflage, Robert Enke Verlag, Stuttgart, 399-498

DRACKLEY JK (2004): Fütterung und Management der Milchkuh im peripartalen Zeitraum. Übers Tierernährg 32, 1-21

DRANSFIELD MBG, NEBEL RL, PEARSON RE, WARNICH LD (1998): Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. J Dairy Sci 81, 1874-1882

DRESCHEL S (2014): Untersuchungen zur zyklusabhängigen Vokalisation und Charakterisierung von Verhaltensparametern im periöstrischen Zeitraum von Jungrindern. Diss Agriculturae, Uni Rostock

DRIANCOURT MA, THATCHER WW, ZERQUI M, ANDRIEU D (1991): Dynamics of ovarian follicular development in cattle during the estrous cycle, early pregnancy and in response to PMSG. Dom Anim Endoc 8, 209-221

DRIANCOURT MA (2001): Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. Theriogenology 55, 1211-1239

EDGERTON LA, HAFS HD (1973): Serum luteinizing; hormone, prolactin, glucocorticoid and progesterin in dairy cows from calving to gestation. J Dairy Sci 56, 451-458

EMERY RS, BURG N, BROWN LD, BLANK GN (1964): Detection, occurrence and prophylactic treatment of borderline ketosis with propylene glycol feeding. J Dairy Sci 47, 1074-1079

EMERY RS, LIESMAN JS, HERDT T (1992): Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. J Nutr 122, 832-837

ENEMARK JM, JORGENSEN RJ, KRISTENSEN NB (2004): An evaluation of parameters for the detection of subclinical rumen acidosis in dairy herds. Vet Res Commun 28, 687-709

ENGELHARD T (2001): Untersuchungen zur Energieversorgung während der Vorbereitungs- und in der Früh- und in der Frühlaktation. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda, Verband der Landwirtschaftskammern, 23-26

ERICKSON GF (1986): An analysis of follicle development and ovum maturation. Semin Reprod Endocrinol 4, 233-253

EU-VERORDNUNG: Nr. 892/2010 der Kommission vom 8. Oktober 2010 über den Status bestimmter Erzeugnisse hinsichtlich Futtermittelzusatzstoffe im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates. https://www.umwelt-online.de/recht/eu/10/10_0892.htm, zuletzt eingesehen am 11.03.2016

FAHRBACH H (1981): Einfluss der Doppelbesamung beim Rind auf das Besamungsergebnis unter Praxisbedingungen. Vet Med Diss, LMU München

FENWICK MA, LLEWELLYN S, FITZPATRICK R, KENNY A, MURPHY JJ, PATTON J, WATHES DC (2008): Negative energy balance in dairy cows is associated with specific changes in IGF-binding protein expression in the oviduct. Reprod 135, 63-75

FERNANDES LC, THATCHER WW, WILCOX CJ, CALL EP (1978): LH release in response to GnRH during the postpartum period of dairy cows. J Anim Sci 46, 443-448

FETROW J, MANSFELD R (2014): Bedeutung und Anwendung der Ökonomie in der ITB. In: DE KRUIF A, MANSFELD R, HOEDEMAEKER A (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. 3. Auflage 2014, 342-346

FIRK R, STAMER E, JUNGE W, KRIETER J (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. Livest Prod Sci 75, 219-232

FISCHER B, SCHULZE P(2003): Energiestoß über das Tränkwasser. Elite 1, 30-31

FISHER LJ, ERFLE JD, LODGE GA, SAUER FD (1973): Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition and incidence of ketosis. Can J Anim Sci 53, 289-296

FLOYD LN, LENTS CA, WHITE FJ, WETTEMANN RP (2009): Effect of number of cows in estrus and confinement area on estrous behavior of beef cows. J Anim Sci 87, 1998-2004

FOOTE RH (1979): Time of Artificial Insemination and Fertility in Dairy Cattle. J Dairy Sci 62, 355-358

FORDE N, BELTMAN ME, LONERGAN P, DISKIN M, ROCHE JF, CROWE MA (2011): Oestrous cycles in Bostaurus cattle. Anim Reprod Sci 124, 163-169

FORMIGONI A, CORNIL MC, PRANDI A, MORDENTI A, ROSSI A, PORTETELLE D, RENAUVILLE R (1996): Effect of propylene glycol supplementation around parturition on milk yield, reproduction performance and some hormonal and metabolic characteristics in dairy cows. J Dairy Res 63, 11-24

FORTUNE JE, YANG MY, ALLEN JJ, HERRICK SL (2013): Triennial Reproduction Symposium: The ovarian follicular reserve in cattle: What regulates its formation and size? J Anim Sci 91, 3041-3050

FRAGO LM, CHOWEN JA (2005): Basic physiology of the growth hormone/insulin-like growth factor axis. Advances in Experimental Medicine and Biology 567, 1-25

FÜRLL M (2000): Das Fettmobilisationssyndrom. Großtierpraxis 1, 24-34

FUTTERMITTELGESETZ, RICHTLINIE 70/524/EWG: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A31970L0524> , zuletzt aufgerufen am 24.02.2017

FUTTERMITTELVERORDNUNG EU 68/2013: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:029:0001:0064:DE:PDF>.
zuletzt aufgerufen am 15.03.2016

GABAI G, COZZI G, ROSI F, ANDRIGHETTO I, BONO G (2002): Glucose or essential amino acid infusions in late pregnant and early lactating simmental cows failed to induce a leptin response. *J Vet Med A* 49, 73-80

GAILLARD C, BARBU H, SÖRENSEN MT, SEHESTED J, CALLESEN H, VESTERGAARD M (2016): Milk yield and estrous behavior during eight consecutive estruses in Holstein cows fed standardized or high energy diets and grouped according to live weight changes in early lactation. *J Dairy Sci* 99 (4), 3134-3143

GARCIA A, WEIJDEN GC, COLENBRANDER B, BEVERS MM (1999): Monitoring follicular development in cattle by real-time ultrasonography: a review, *Vet Rec* 145, 334-340

GASTEINER J (2000): Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 11-18

GASTEINER J (2003): Der Einsatz glukoplastischer Verbindungen in der Milchviehfütterung. 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung 24.-25. 04.2003, Bericht BAL Gumpenstein 2003, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, Tagungsband, 61-64

GEISHAUSER T, LESLIE K, TENHAG T, BASHIRI A (2000): Evaluation of eight cow-side tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 83, 296-299

GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2001): Energie-und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 8, Empfehlungen zur Energie-und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a M

GERASIMOVA AA (1940): Duration of heat and time of ovulation in the cow. *Anim Breed Abstr* 8, 32

GINTHER OJ, KNOPF L, KASTELIC JP (1989): Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrus cycles with two and three follicular waves. *J Reprod Fertil* 87, 223-230

- GINTHER OJ, ARAUJO RR, PALHAO MP, RODRIGUES BL, BEG MA (2009): Necessity of sequential pulses of prostaglandin F₂alpha for complete physiologic luteolysis in cattle. *Biol Reprod* 80, 641-648
- GOODMAN AL, HODGEN GD (1993): The Ovarian triad of the primate menstrual cycle. *Recent Prog Horm Res* 39, 1-73
- GOUGEON A (1996): Regulation of Ovarian Follicular Development in Primates: Facts and Hypotheses. *Endocrine Reviews* 17(2), 121-155
- GRAY CA., TAYLOR KM, RAMSEY WS, HILL JR, BAZER FW, BARTOL FF, SPENCER TE (2001): Endometrial glands are required for preimplantation conceptus elongation and survival. *Biol Reprod* 64 (6), 1608-1613
- GREENFIELD RB, CECAVA MJ, DONKIN SS (2000): Changes in mRNA expression for gluconeogenic enzymes in liver of dairy cattle during the transition to lactation. *J Dairy Sci* 83, 1228-1236
- GROEGER S (2008): Untersuchungen zur Beeinflussung des Ovulationszeitpunktes beim laktierenden Rind durch intravenöse Glukoseinfusionen im Proöstrus. *Vet Med Diss, Uni Giessen*
- GROEGER S, WEHREND A (2007): Influence of preovulatory glucose-infusion on the ovulation time and preovulatory LH-concentrations in dairy cows BCVA, *Cattle Practice* 15, 302
- GRÖHN YT, RAJALA-SCHULTZ PJ (2000): Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 60-61, 605-614
- GRUNERT E (1977): Ein Beitrag zur Ätiologie von Ovulationsstörungen beim Rind. *Dtsch Tierärztl Wschr*, 83, 558-5618
- GRUNERT E (1999a): Sexualzyklus. In: GRUNERT E, BECHTOLD M (Hrsg): *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*. Parey-Verlag, Berlin, 3-12

GRUNERT E (1999b): Zentral-hypophysär bedingte Störung der Ovarfunktion. In: GRUNERT E, BECHTOLD M (Hrsg.): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind. Parey-Verlag, Berlin, 112-135

GUTZWILLER A (2009): Mikrobiologische Futterqualität und Gesundheit von Rind und Schwein., Forschungsanstalt Agroscope, Posleux, ALP aktuell 2009, 34

HALL JG, BRANTON C, STONE EJ (1959): Estrus, estrus cycles, ovulation time, time of service, and fertility of dairy cattle in Louisiana. J Dairy Sci 77, 1086-1094

HAMILTON TD, VIZCARRA JA, WETTEMANN RP, KEEFER BE, SPICER LJ (1999): Ovarian function in nutritionally induced anoestrus cows: effect of exogenous gonadotropin-releasing hormone in vivo and effect of insulin and insulin-like growth factor I in vitro. J Reprod Fertil 117, 179-187

HANCOCK JL (1948): The clinical analysis of reproductive failure in cattle. Vet Rec 60, 513-517

HARRISON RO, FORD SP, YOUNG JW, CONLEY AJ, FREEMAN AE (1990): Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. J Dairy Sci 73 (10), 2749-2758

HEINZEL-GUTENBRUNNER M (2017): Post-Hoc-Poweranalyse. MH Statistik Beratung, Marburg

HIGNETT SL (1941): Some aspects of bovine sterility. Vet Rec 53, 21-25

HILLIER SG (1994): Current concepts of the roles of follicle stimulating hormone and luteinizing hormone in folliculogenesis. Human Reprod 9 (2), 188-191

HINRICHSEN JK, KONOLD R(1980): Die Fruchtbarkeit beim Rind und ihre Beziehung zu Stallssystemen und verschiedenen anderen Einflussgrößen. Zuchthygiene 14, 31-36

HOEDEMAKER M, MANSELD R, DE KRUIF A, HEUWIESE W (2014): Ergebnisinterpretation und Strategienbetrachtung einzelner Kontrollbereiche. In: DE KRUIF A, MANSFELD R, HOEDEMAKER A (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Enke Verlag. 3. Auflage, Stuttgart, 46-64

HORAN B, MEE JF, RATH M, O'CONNOR P, DILLON P (2004): Reproduction-The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feeding system on reproductive performance in seasonal-calving milk production systems. Anim Sci 79, 453-467

HUNTER RHF, GREVE T (1997): Could artificial insemination of cattle be more fruitful? Penalties associated with ageing eggs. Reprod Dom Anim 32, 137-141

HUNTER MG, ROBINSON RS, MANN GE, WEBB R (2004): Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. Anim Reprod Sci 82-83, 461-77

HÜNNINGER F (1998): Einsatz der Milchacetonbestimmung bei der Betreuung von Milchviehherden. Vet Med Diss, FU Berlin

HÜNNINGER F, STAUFENBIEL R (1999): Einsatz von Propylenglykol in der Milchviehfütterung. Prakt Tierarzt 80, 694-697

HUSSEIN HA, ABDEL-RAHEEM SM, ABD-ALLAH M, SENOSY W (2015): Effects of propylene glycol on the metabolic status and milk production of dairy buffaloes. Tierarztl Praxis Grosstiere Nutztiere 43(1), 25-34

HUTJENS MF (1996): Practical approaches to feeding the high producing cow. Anim Feed Sci Technol 59, 199-206

INGVARTSEN KL, ANDERSEN HR (2000): Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. J Dairy Sci 83, 1573-1597

IWERSEN M (2010): Einfluss von Propylenglykol als Bestandteil einer Totalen Mischration während der Früh-laktation auf die Tier-und Stoffwechselgesundheit sowie auf Leistungsparameter von Milchkühen. Vet Med Diss, FU Berlin

JAHNKE B (2002): Sicherung einer guten Fruchtbarkeit in Hochleistungsherden. Forschungsbericht aus dem Institut für Tierproduktion Dummerstorf der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.

http://www.portal-rind.de/data/artikel/39/forschungsbericht_reproduktion_fzt.pdf , zuletzt aufgerufen am 13.03.2016

JAINUDEEN MR, HAFEZ ESE (2000): Reproductive cycles. In: HAFEZ ESE, HAFEZ B (Hrsg.): Reproduction in farm animals. Wiley Blackwell, London, 157-258

JOHNSON AL (1987): Gonadotropin-releasing hormone treatment induces follicular growth and ovulation in seasonally anestrous mares. Biol Reprod 36 (5), 1199-206

JOHNSON W, GENTRY P (2000): Optimization of bovine reproduction efficiency. Vet J 160 (1), 10-12

JONES JE, WADE GN (2002): Acute fasting decreases sexual receptivity and neural estrogen receptor- α in female rats. Physiol Behav 77, 19-25

JOSELYN HD, SETCHEL BP (1972): Regnier de Graaf on the human reproductive organs. Übersetzung von DE GRAAF R (1672): De Mulierum organis generationi inservientibus. J Reprod Fertil 17, 1-222

JÖCHLE W, LAMMOND DR (1980): Hormonal interactions (and species differences) in female reproduction. In: JÖCHLE W, LAMMOND DR (Hrsg.): Control of reproductive functions in domestic animals. Gustav Fischer Verlag, Jena, 28-49

JUDSON GJ, LENG RA (1973): Studies on the control of gluconeogenesis in sheep: effect of glucose infusions. Br J Nutr 29, 159-174

JUNG M (2009): Brunstbeobachtung - Welche Möglichkeiten bieten Technische Hilfsmittel? Milchrindtage Brandenburg 01/2009. http://www.rinderzucht-bb.de/fileadmin/user_upload/pdf/aktuell/Vortrag_Jung.pdf zuletzt aufgerufen am 10.03.2016

KADOKAWA H, YAMADA Y (1999): Relationship between days to postpartum first ovulation and days to reaching steady range of metabolic concentrations in dairy cows. *J Repr Dev* 45, 331-336

KANEENE JB, MILLER R, HERDT TH, GARDINER JC (1997): The association of serum nonesterified fatty acids and cholesterol, management and feeding practices with peripartum disease in dairy cows. *Prev Vet Med.* 1997 Jul, 31(1-2), 59-72

KARA C (2013): Physiological and metabolic changes during the transition period and the use of calcium propionate for prevention or treatment of hypocalcemia and ketosis in periparturient cows, *J Biol Environ Sci* 7(19), 9-17

KAREN A, BAJCSY AC, MINOIA R, KOVACS R, DE SOUSA NM, BECKERS JF, TIBOLD J, MADL I, SZENCI O (2014): Relationship of Progesterone, Bovine Pregnancy-Associated Glycoprotein-1 and Nitric Oxide with late embryonic and early fetal mortalities in dairy cows. *J Reprod Dev* 60 (2), 162-167

KERBRAT S, DISENHAUS C (2004): A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 87 (3-4), 223-238

KEZELE P, NILSSON E, SKINNER MK (2002): Cell-Cell Interactions in Primordial Follicle Assembly and Development. *Front Biosci* 7, 1990-1996

KIDDY CA (1977).Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *J Dairy Sci* 60, 235-243

KILGOUR R, SKARSCHOLT BH, SMITH JF, BREMNER KJ, ORRISON MCL (1977): Observation of the behaviour and factors influencing the sexually active group in cattle. *Proc N Z Soc Anim Prod* 37,128-135

KRAFT W, DÜRR UM (2005): *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.* 6. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart , 450-465

KRISTENSEN NB, RAUN BML (2007): Ruminal and intermediary metabolism of Propylene glycol in lactating holstein cows. *J Dairy Sci* 90, 4707-4717

LAMMING GE, WATHES DC, PETERS AR (1981): Endocrine patterns of the postpartum cow. *J Reprod Fertil Suppl* 30, 155 –170

LAMMING GE, PETERS AR, RILEY GM, FISHER MW (1982): Endocrine regulation of postpartum function. *Curr Top Vet Med Anim Sci* 20, 148-172

LAVON Y, KAIM M, LEITNER G, BIRAN D, EZRA E, WOLFENSON D (2016): Two approaches to improve fertility of subclinical mastitic dairy cows. *J Dairy Sci* 99 (3), 2268-2275

LEIDL W, STOLLA R (1976): Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. *Theriogenology*, 6, 237-246

LEIDL W, BOSTEDT H, LAMPRECHT W, PRINZEN R, WENDT V (1979): Zur Ovulationssteuerung mit einem GnRH-Analogon und hCG bei der künstlichen Besamung des Rindes. *Tierärztl Umschau* 34, 546-555

LEROY JL, VAN SOOM A, DE KRUIF A, OPSOMER G (2006): Modern research in the reduced fertility of high yielding dairy cows: an innovative way of thinking. *Vlaams Diergen Tijds* 75 (1), 18-22

LEROY JL, VANHOLDER MRT, VAN KNEGSEL ATM, GARCIA-ISPIERTO I, BOLS PEJ (2008a): Nutrient prioritization in dairy cows earlypostpartum: mismatch between metabolism and fertility? *Reprod Dom Anim* 43 (2), 96-103

LEROY JL, OPSOMER G, VAN SOOM A, GOOVAERTS IG, BOLS PE (2008b): Reduced fertility in high-yielding dairy cows: Are the oocyte and embryo in danger? Part 1. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in high yielding dairy cows. *Reprod Domest Anim* 43 (5), 612-622

LEROY JL, DE KRUIF A (2006): Reduced reproductive performance in high producing dairy cows: is there actually a problem? *Vlaams Diergen Tijds* 75 (2), 55-60

LIU X, SPAHR SL (1993): Automated electronic activity measurement for detection of oestrus in dairy cattle. *J Dairy Sci* 76, 2906-2912

LIU Q, WANG C, YANG WZ, ZHANG WW, YANG XM, HE DC, DONG KH, HUANG YX (2009): Effects of feeding propylene glycol on dry matter intake, lactation performance, energy balance and blood metabolites in early lactation dairy cows. *Anim* 3(19), 1420-1427

LJØKJEL K, KLEMETSDAL G, PRESTLØKKEN E, ROPSTAD E (1995): The effect of energy balance on ovarian activity in a herd of norwegian cattle. *Acta Vet Scand* 36, 533-542

LÖFFLER G, PETRIDES P (1998): *Biochemie und Pathobiochemie*. 6. Auflage. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York, 384-387

LOEFFLER SH, DE VRIES MJ, SCHUKKEN YH (1999): The effect of time of disease occurrence, milk yield and body condition on fertility of dairy cows. *J Dairy Sci* 82, 2589-2604

LOMANDER H, FRÖSSLING J, INGVARTSEN KL, GUSTAFSSON H, SVENSSON C (2012a): Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol of dairy cows in early lactation - Effects on metabolic status, body condition, and milk yield. *J Dairy Sci* 95 (5), 2397-2408

LOMANDER H, FRÖSSLING J, INGVARTSEN KL, GUSTAFSSON H, SVENSSON C, LARSEN T (2012b): Effect of supplemental feeding with glycerol or propylene glycol in early lactation on the fertility of Swedish dairy cows. *Reprod Domest Anim* 47 (6), 988-994

LOMANDER H (2012c): Energy status related to production and reproduction in dairy cows. Prevention of decreased fertility and detection of cows at risk. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences Skara, 2012

LOPEZ H, BUNCH TD, SHIPKA MP (2002): Estrogen concentrations in milk at estrus and ovulation in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 72, 1-2

LOPEZ H, SATTLER LD, WILTBANK MC (2004): Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* 81, 3-4, 209-223

LOPEZ-GATIUS F (2003): Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* 60 (1), 89-99

LOTTHAMMER KH, RIGELNIK L (1970): Zusammenhänge zwischen Zuckerrübenblattfütterung und Fruchtbarkeit in Rinderbeständen. *Dtsch Tierärztl Wschr* 89, 223-227

LOTTHAMMER KH, WITTOWSKI G (1994): Wirtschaftliche Bedeutung der Fruchtbarkeit. In: LOTTHAMMER KH und WITTOWSKI G (Hrsg.): *Fruchtbarkeit und Gesundheit der Rinder* Ulmer Verlag, Stuttgart, 13-16

LUCY MC, STAPLES CR, MICHEL FM, THATCHER WW (1991): Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci* 74, 473-482

LUCY MC, SAVIO JD, DE LA SOTA RL, THATCHER WW (1992): Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 70, 3615-3626

LUCY MC (2000): Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J Dairy Sci* 83, 1635-1647

LUCY MC (2001): Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J Dairy Sci* 84 (6), 1277-1293

LUCY MC (2003): Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum dairy cows. *Reprod Suppl*, 6139-6147

LUCY MC (2011): Growth hormone regulation of follicular growth. *Reprod Fert Dev* 24 (1), 19-28

MALCHAU I (2011): Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen einer Verabreichung von Propylenglykol, Glycerin und L-Carnitin auf den Stoffwechsel und verschiedene Leistungsparameter von Milchkühen im Rahmen der Ketoseprophylaxe. Diss Vetmed, FU Berlin

MANN GE (2002): Corpus luteum function and early death in the bovine. In Recent Developments and Perspectives in Bovine Medicine XXII World Buiatrics Congress 18-23 August 2002 Hannover Germany, 300-306

MANSFELD R, HEUWIESER W (1992): Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen. Milchpraxis 30, 10-14

MANSFELD R, DE KRUIF A, HOEDEMAKER M, HEUWIESER W (1999): Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenbasis. In: GRUNERT E, DE KRUIF A (Hrsg.): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind. 3. Aufl, Parey Buchverlag Berlin, 337-350

MANSFELD R, HOEDEMAKER M, DE KRUIF A (2014): Einführung in die Bestandsbetreuung. In: DE KRUIF A, MANSFELD R, HOEDEMAKER M (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Enke Verlag. Stuttgart, 3. Auflage 2014, 13-23

MATSUYAMA S, KOJIMA T, KATO S, KIMURA K (2012): Relationship between quantity of IFNT estimated by IFN-stimulated gene expression in peripheral blood mononuclear cells and bovine embryonic mortality after AI or ET. Reprod Biol Endocrin 10, 21

MC ART JA, NYDAM DV, OETZEL GR (2012): A field trial on the effect of propylene glycol on displaced abomasum, removal from herd, and reproduction in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. J Dairy Sci 95 (5), 2505-2512

MC CARTHY SD, ROCHE JF, FORDE N (2012): Temporal changes in endometrial gene expression and protein localization of members of the IGF family in cattle: effects of progesterone and pregnancy. Physiological Genomics 44 (2), 130-140

MC CRACKEN JA, CUSTER EE, LAMSA JC (1999): Luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. Physiological Reviews 79 (2), 263-323

MEE JF (2004): Temporal Trends in reproductive performance in irish dairy herds and associated risk factors. Irish Vet J 57 (3), 158

MEINECKE B (2010): Reproduktion. Reproduktion bei weiblichen Haussäugetieren. In: ENGELHARD VW, BREVES G (Hrsg.): Physiologie der Haustiere, Enke Verlag, Stuttgart, 535-596

MESILATI-STAHY R, MALKA H, ARGOV-ARGAMAN N (2015): Influence of glucogenic dietary supplementation and reproductive state of dairy cows on the composition of lipids in milk. Animal 2015 ,9(6), 1008-1015

MEYER H, LOTTHAMMER KH, AHLWEDE L (1976): Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin-A-unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. Dtsch Tierärztl Wschr 83, 351-358

METZNER M, MANSFELD R (1992): Tierärztliche Betreuung von Milcherzeugerbetrieben. Teil 2: Die Beurteilung von Fruchtbarkeitsparametern. Möglichkeiten und Grenzen. Prakt. Tierarzt 73, 800-814

MIETTINEN PVA (1993): Propylene glycol in prevention of bovine ketosis. Acta Vet Scand 89, 135-136

MIETTINEN PVA, SETALÄ JJ (1993): Relationship between subclinical ketosis, milk production and fertility in dairy cattle. Prev Vet Med 17, 1-8

MIHM M, CROWE MA, KNIGHT PG, AUSTIN EJ (2002): Follicle Wave Growth in Cattle. Reprod Dom Anim 37, 191-200

MINDNICH R, MÖLLER G, ADAMSKI J (2004): The role of 17 beta-hydroxysteroid dehydrogenases. Mol Cell Endocrinol 218, 7-20

MONDAL M, KARUNAKARAN M, RAJKHOWA C, PRAKASH BS (2008): Development and validation of a new method for visual detection of estrus in mithun (Bos frontalis). Appl Anim Behav Sci 114(1), 23-31

MOORE CP, DUTT RH, HAYS VW, CROMWELL GL (1973): Influence of one-day or conventional flushing on ovulation rate and litter size at 28 days gestation in gilts. *J Anim Sci* 37, 734-738

MORRIS D, DISKIN M (2008): Effect of progesterone on embryo survival. *Animal: An Inter J Anim Biosci* 2 (8), 1112-1119

MSANGI BS, BRYANT MJ, NKYA R, THORNE PJ (2004): The effects of a short-term increase in supplementation on the reproduction performance in lactating crossbred dairy cows. *Trop Anim Health Prod* 36, 775-787

NARAYANAN RP, SIDDALS KW, HEALD AH, GIBSON JM (2013): Interactions of the IGF System with Diabetes and its Vascular Complications. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 121(5), 255-261

NEBEL RL, WHITTIER WD, XASSEL BG, BRITT JH (1987): Comparison of on-farm and laboratory milk progesterone assays for identifying errors in detection of oestrous and diagnosis of pregnancy. *J Dairy Sci* 70, 1471-1476

NEBEL RL (2003): The key to a successful reproductive management program. *Advances in Dairy Technology* 15, 1-16

NIELSEN NI, INGVAERTSEN KL (2004): Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim Feed Sci Technol* 115, 191-213

NOAKES D (2001): Endogenous and exogenous control of ovarian cyclicity. In: NOAKES D, PARKINSON TJ, ENGLAND GCW (Hrsg): *Arthur's Veterinary reproduction and obstetrics*. London, W.B Saunders, 2009-2020

OBA M, ALLEN MS (2003): Dose-response effects of intraruminal infusion of propionate on feeding behavior of lactating dairy cows in early or mid lactation. *J Dairy Sci* 86, 2922-2931

OCYCLOK A (2007): Futteraufnahme und endokrinologische Leitparameter hochleistender Milchkühe in aufeinander folgenden Laktationen. Diss Vet Med, TiHo Hannover

OGBORN L, PARATTE R, SMITH KL, JORDON PW, OVERTON TR (2004): Effects of delivery of glycerol on performance of dairy cows during transition period, *J Dairy Sci* 87, 440

O'HARA L, FORDE N, KELLY AK, LONERGAN P (2014): Effect of bovine blastocyst size at embryo transfer on day 7 on conceptus length on day14: Can supplementary progesterone rescue small embryos? *Theriogenology*, 1-6

OHGI T, KAMIMURA S, NINEZAKI Y, TAKAHASHI M (2005): Relationship between fat accumulation in the liver and energy intake, milk fat yield and blood metabolites in dairy cows. *Anim Sci* 76, 549-557

OKSBJERG N, GONDRET F, VESTERGAARD M (2004): Basic principles of muscle development and growth in meat-producing mammals as affected by the insulin-like growth factor (IGF) system. *Dom Anim Endocrinol* 27 (3), 219-240

OPSOMER G, GRÖHN Y, HERTL J, CORYN M, DELUYKER H, DE KRUIF A (2000): Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in belgium: A field study. *Theriogenology* 53 (4), 841-857

OSBORNE VR, ODONGO NE, CANT JP, SWANSON KC and MC BRIDE BW (2009): Effects of supplementing glycerol and soybean oil in drinking water on feed and water intake, energy balance, and production performance of periparturient dairy cows. *J Dairy Sci* 92 (2), 698-707

PALMA G, BRAUN J, STOLLA R, BREM G (1996): The ability to produce embryos in vitro using semen from bulls with a low non-return rate. *Theriogenology* 45, 308

PALMER MA, OLMOS G, BOYLE LA, MEE JF (2012): A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. *Theriogenology* 77 (2), 382-388

PATTON J, KENNY DA, MEE JF, O'MARA FP, WATHES DC, COOK M, MURPHY JJ (2006): Effect of Milking Frequency and Diet on Milk Production, Energy Balance, and Reproduction in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 89 (5), 1478-1487

PECHOVA A, PECINKA P, KUDRNACOVA J, PAVLATA L (2014): The comparison of propylene glycol and glycerol as feed additives in early lactation of high producing dairy cows. *J Anim Feed Sci* 23, 285-292

PENNINGTON JA, ALBRIGHT JL, CALLAHAN CJ (1986): Relationships of sexual activities in estrous cows to different frequencies of observation and pedometer measurements. *J Dairy Sci* 69 (11), 2925-2934

PETERSSON KJ, STRANDBERG E, GUSTAFSSON H, ROYAL MD, BERGLUND B (2008): Detection of delayed cyclicity in dairy cows based on progesterone content in monthly milk samples. *Prev Vet Med* 86 (1-2), 153-163

PHILLIPSCJC, SCHOFIELD SA (1990): The effect of environment and stage of the oestrous cycle on the behaviour of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 27 (1-2), 21-31

PIANTONI P, ALLEN MS (2015): Evaluation of propylene glycol and glycerol infusions as treatments for ketosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 98 (8), 5429-5439

PIATKOWSKI B (1968): Regulation der Futteraufnahme beim Wiederkäuer. *Fortschrittsber Landw, Dtsch Akad Landw Wiss, Berlin* 6 (9), 1-39

PIEPER R, STAUFENBIEL R, GABEL M, POPPE S, SCHRÖDER A, PIEPER B (2005): Propylenglykol. Ketoseprophylaxe bei Kühen mit hohen Milchleistungen. Verlag Lüpke, Neuruppin, 40

PIEPER R, SCHRÖDER A, FUCHS E, RIESTOCK H, BESCHOREN W, STAUFENBIEL R (2004): Einfluss von Propylenglykol und Glycerin auf Milchleistung und Stoffwechselfparameter von Kühen mit hohen Leistungen. Rostock, Kiel/Wuthenow, Fehrbellin, Neuruppin, Berlin, 111-120

PRANGE D (2001): Einfluss der Zufütterung von Propylenglykol im peripartalen Zeitraum auf Tier- und Stoffwechselfgesundheit sowie Reproduktions- und Milchleistung bei hochleistenden Milchkühen. Vet Med Diss, TiHo Hannover

PRIES M, BERNTSEN M, SELDERS M, MÖNNINGHOFF J, HÜNTING K, SPIEKERS H (2004): Propylenglykol im Mischfutter. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda. Verband der Landwirtschaftskammern, 68-71

PRZEWOZNY A (2011): Reproduktionsmanagement in Milchviehbetrieben. Diss agriculturae, Uni Berlin

PUSHPAKUMARA PGA, ROBINSON RS, DEMMERS KJ, MANN GE, SINCLAIR KD, WEBB R, WATHES DC (2002): Expression of the insulin-like growth factor (IGF) system in the bovine oviduct at oestrus and during early pregnancy. *Reprod* 123 (6), 859-868

QIU Q, BELL M, LU X, YAN X, RODGER M, WALKER M, WEN SW, BAINBRIDGE S, WANG H, GRUSLIN A (2012): Significance of IGFBP-4 in the development of fetal growth restriction. *J Clin Endocrinol Metab* 97 (8), 1429-1439

RAJAKOSKI E (1960): The ovarian follicular system in mature heifers with special reference to seasonal, cyclical and left-right variations. *Acta Endocrinol* 52, 7-68

RANASINGHE MSBK, NAKAO T, KOBAYASHI A (2008): Incidence of error in oestrus detection based on secondary oestrus signs in a 24-h tie-stalled dairy herd with low fertility. *Reprod Dom Anim*, 9999

RANDEL RD, SHORT RE, CHRISTENSEN DS, BELLOWS RA (1973): Effects of various mating stimuli on the LH surge and ovulation time following synchronization of estrus in the bovine. *J Anim Sci* 37, 128-130

RATHBONE MJ, KINDER JE, KOIJMA F, CLOPTON D, OGLE CR, BUNT CR (2001): Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the oestrus cycle. *Adv Drug Del Rev* 50, 277-320

RAWLINGS NC, EVANS ACO, HONARAMOOZ A, BARTLEWSKI PM (2003): Antral follicle growth and endocrine changes in prepubertal cattle, sheep and goats. *Anim Reprod Sci* 78 (3-4), 259-270

REKAWIECKI R, KOWALIK MK, SLONINA D, KOTWICA J (2008): Regulation of progesterone synthesis and action in bovine corpus luteum. *J Physiol Pharma* 59, 9, 75-89

REMOND B, ROUEL J, OLLIER A (1991): Effect of glycerol supplementation of the diet of dairy cows on milk production and some digestive and metabolic parameters. *Ann Zootech* 40, 59-66

RIGOUT S, HURTAUD C, LEMOSQUET S, BACH A, RULQUIN H (2003): Lactational effect of propionic acid and duodenal glucose in cows. *J Dairy Sci* 86, 243-253

RINDERSPEZIALBERATUNG ITZEHOE (2005): Propylenglykol automatisch dosieren? *top agrar* 6/2005, 22-24

RIOUX P, RAJOTTE D (2004): Progesterone in milk: a simple experiment illustrating the estrous cycle and enzyme immunoassay. *Adv Physiol Educ* 28 (1-4), 64-67

RIZOS D, KENNY DA, GRIFFIN W, QUINN KM, DUFFY P, MULLIGAN FJ, ROCHEJF, BOLAND MP, LONERGAN P (2008): The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. *Theriogenology* 69 (6), 688-699

ROBINSON RS, HAMMOND AJ, HUNTER MG, MANN GE (2005): The induction of a delayed post-ovulatory progesterone rise in dairy cows: a novel model. *Dom Anim Endocrinol* 28 (3), 285-295

ROBINSON RS, HAMMOND AJ, WATHES DC, HUNTER MG, MANN GE (2008): Corpus luteum-endometrium-embryo interactions in the dairy cow: underlying mechanisms and clinical relevance. *Reprod Dom Anim* 43 (2), 104-112

ROCHE JR (2006): The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci* 96 (3-4), 282–296

ROELOFS JB, BOUWMAN EG, DIELEMAN SJ, VAN EERDENBURG FJCM, KAAL-LANSBERGEN LMTE, SOEDE NM, KEMP B (2004): Influence of repeated rectal ultrasound examinations on hormone profiles and behaviour around oestrus and ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 62, 1337-1352

ROELOFS JB, VAN EERDENBURG FJCM, SOEDE NM, KEMP B (2005a): Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 63 (5), 1366-1377

ROELOFS JB, VAN EERDENBURG FJCM, SOEDE NM, KEMP B (2005b): Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 64 (8), 1690-1703

ROELOFS J, LOPEZ-GATIUS F, HUNTER RHF, VAN EERDENBURG JCM, HANZEN C (2010): When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74 (3), 327-344

ROINE K (1973): The most frequent reproductive biodisorders and their seasonal variation in dairy cows. *Nordisk Vet Med* 25, 242-247

ROMMEL W (1963): *Klinische Diagnostik am Genitale des weiblichen Rindes*. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1963

RORIE RW, BILBY TR, LESTER TD (2002): Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology* 57, 137-148

RÖSKES S, FAILING K, WEHREND A (2012): Sonographische Darstellbarkeit des Corpus luteum bei der Milchkuh. *Tierarztl Prax Grosstiere Nutztiere*. 40 (6), 367-373

ROSSOW N (2003a): Stoffwechsel und Fruchtbarkeit, Vortrag vom 12.06.2003, Paretz. <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=63>, zuletzt geöffnet am 15.02.2016

ROSSOW N (2003b): Das Fettmobilisierungssyndrom der Milchkuh. Portal-Rind. <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=45> zuletzt geöffnet am 19.03.2016

ROSSOW N (2004) Das Glucosebeschaffungsproblem der Hochleistungskuh. Großtierpraxis 2004, 03, 25-30

ROSSOW N (2006): Eignung des Milchprogesterontests in der Milch für die Fruchtbarkeitsüberwachung in Milchkuhbeständen. www.portal-rind.de. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3O8y-HzsIPcJ:www.portal-rind.de/index.php%3Fmodule%3DDownloads%26func%3Dprep_hand_out%26lid%3D168+&cd=1&hl=de&ct=clnk&gl=de zuletzt geöffnet am 16.03.2016

ROSSOW N (2008): Neue Erkenntnisse zur postpartalen Energiebilanz der Milchkuh. www.portal-rind.de <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=113> zuletzt geöffnet am 10.08.2015

ROTH H, SCHÜNSEN D, SCHÖN H (1987): Computer-aided oestrus detection in dairy cattle. *Am Soc Agric Eng* 87, 1-11

ROYAL M; DARWASH AO, FLINT APF, WEBB R, WOOLLIAMS JA, LAMMING GE (2000a): Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim Sci* (70), 487-501

ROYAL M, MANN GE, FLINT AP (2000b): Strategies for reversing the trend towards subfertility in dairy cattle. *Vet J* 160 (1), 53-60

RYAN DP, SPOON RA, GRIFFITH MK, WILLIAMS GL (1994): Ovarian follicular recruitment, granulosa cell steroidogenic potential and growth hormone/insuline-like growth factor I relationships in suckled beef cows consuming high lipid diets: Effects of graded differences in body condition maintained during the puerperium. *Dom Anim Endocrinol* 11, 161-174

SAKANTI M, TAKAHASHI M, TAKENOUCI N (2016): The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows. *J Reprod Dev* 62 (2), 201-207

SAMBRAUS HH (1978): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 49-127

SARMENTO S (2004): Untersuchungen zur verzögerten Ovulation beim Rind. Vet Med Diss, LMU München

SARTORI R, HAUGHIAN JM, SHAVER RD, ROSA GJM, WILTBANK MC (2004): Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein Heifers and lactating cows. J Dairy Sci 87, 905-920

SAVIO JD, KEENAN L, BOLLAND MP, ROCHE JF (1988): Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. J Reprod Fertil 88, 663-671

SCHAMS D, SCHALLENBERGER E, HOFFMANN B, KARG H (1977a): The oestrus cycle of the cow: hormonal parameters and time relationships concerning oestrus, ovulation and electrical resistance of the vaginal mucus. Acta Endocrinol 86, 180-192

SCHAMS D, HOFFMANN B, LOTTHAMMER KH, AHLWEDE L (1977b): Untersuchungen über eine spezifische Vitamin-A-unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. Dtsch Tierärztl Wschr 84, 307-310

SCHAMS D, BUTZ HD (1972): Zeitliche Beziehungen zwischen Brunstsymptomen, elektrischen Widerstandsveränderungen des Vaginalsehleims, präovulatorischer Ausschüttung des Luteinisierungshormons und Ovulation beim Rind. Zuchthygiene 7, 49-56

SCHILLO KK (1992): Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. J Anim Sci 70, 1271-1282

SCHNORR B, KRESSIN M (2001): Progenese, Vorentwicklung. In: SCHNORR B, KRESSIN M (Hrsg.): Embryologie der Haustiere. 4. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 03-43

SCHNURRBUSCH U, VOGLER B (2002): Gynäkologie für Veterinärmediziner, Teil 1. Verlag wissenschaftlicher Skripten Zwickau 2002

SCHOFIELD SA, PHILLIPS CJC, OWENS AR (1991): Variation in milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the estrus period of dairy cows. *Anim Reprod Sci* 24, 231-248

SCHÖN PC, HAMEL K, PUPPE B, TUCHSCHERER A, KANITZ W, MANTEUFFEL G (2007): Altered vocalization rate during the estrous cycle in dairy cattle. *J Dairy Sci* 90 (1), 202-206

SCHÖNKYPL S, AURICH J (2003): Hormonelle Zyklussynchronisation und Herdenfruchtbarkeit beim Rind. *Prakt Tierarzt* 84, 46-56

SCHRICK FN, SPITZER JC, GIMENEZ DM (1992): Is nutritional anoestrus precipitated by subunestronal corpora lutea in beef cows? *Domest Anim End* 9, 187-197

SCHÜLLER L-K, BURFEIND O, HEUWIESER W (2014): Influence of heat stress on the reproductive performance of dairy cows in the moderate climate of the temperate latitude. *Diss Vet Med, FU Berlin*

SCHWARZ FJ (2014): Rinderfütterung. In: KIRCHGEßNER M (Hrsg.): *Tierernährung*. 14. Auflage 2014, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 357-431

SENATOR EM, BUTLER WR, OLTENACU PA (1996): Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *J Anim Sci* 62, 17-23

SENGER PL, BECKER WC, DAVIDGE ST, HILLERS JK, REEVES JJ (1988): Influence of cornual insemination on conception in dairy cattle. *J Anim Sci* 66, 3010-3016

SENGER PL (1994): The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *J Dairy Sci* 77 (9), 2745-2753

SHAHIDUZZAMAN AK, BEG MA, PALHAO MP, SIDDIQUI MA, SHAMSUDDIN M, GINTHER OJ (2010): Stimulation of the largest subordinate follicle by intrafollicular treatment with insulin-like growth factor 1 is associated with inhibition of the dominant follicle in heifers. *Theriogenology* 74(2), 194-201

SHINGFIELD KJ, JAAKKOLA S, HUHTANEN P (2002): Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol* 97, 1-21

SIROIS J, FORTUNE JE (1988): Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod* 39, 308-317

SMITH JF (1988): Nutrition and ovulation rate in the ewe. *Austr J Biol Sci* 41, 27-36

SMITH RD, CHASE LE (1989): Nutrition and reproduction .Cornell University.Ithaca, NY, <http://www.wvu.edu/~exten/infores/pubs/livepoul/dirm14.pdf> zuletzt aufgerufen am 16.02.2015

SPALDING RW, EVERETT RW, FOOTE RH (1975): Fertility in New York artificially inseminated Holstein herds in dairy herd improvement. *J Dairy Sci* 58, 718-727

SPICER LJ, TUCKER WB, ADAMS GD (1990): Insulin-like growth factor-I in dairy cows: Relationship among energy balance, body condition, ovarian activity and estrous behavior. *J Dairy Sci* 73, 929-937

SPICER LJ, CHAMBERLAIN CS (2000): Production of insulin-like growth factor-1 by granulosa cells but not thecal cells is hormonally responsive in cattle. *J Anim Sci* 78, 2919-2926

STANGASSINGER M (2006): Physiologische Grundlagen von Merkmalsantagonismen. Tagungsband. 21. Hülsenberger Gespräche 2006, Lübeck, 14. bis 16. Juni 2006, Physiologie, Leistung und Produktqualität, 48-60

STANGASSINGER M (2011): Is milk yield in dairy cattle limited? Comments on physiological aspects. *Tierärztl Prax Grosstiere Nutztiere* 39 (4), 253-261

STAUFENBIEL R (1999): Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit. In: PIEPER/ POPPE (Hrsg.), Tagungsbericht über das 3. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen, 18-65

STAUFENBIEL R, HÜNNINGER F, PIEPER B, POPPE S, SCHRÖDER A (2002): Propylenglykol – Informationsblatt zum Einsatz in der Milchviehfütterung, 2. Auflage, Lüpke Verlag, Neuruppin

STEINHAUER W (2000): Inzidenz von Ovulationsstörungen in Milchrinderbeständen mit herabgesetzter Fertilitätslage. Diss Med Vet, Uni Gießen

STEINHÖFEL O (2002): Sächsische Grassilagen - Futterwertveränderung vom Feld bis zum Futtertrog. Rinderproduktion und Futterqualität. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, 45-53

STEVENSON JS, BRITT JH (1979): Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and postpartum ovarian activity in Holstein cows. J Anim Sci 48, 570-577

STOCK AE, STOLLA R (1995): Der dominante Ovarfollikel beim Rind – Physiologische Zusammenhänge und praktische Bedeutung. Tierärztl Umschau 50, 543-550

STOEBEL DP, MOBERG GP (1982): Effect of adrenocorticotropin and cortisol on luteinizing hormone surge and estrous behaviour of cows. J Dairy Sci 65, 1016-1024

STOLLA R, HIMMER B (1980): Probleme bei rektaler Untersuchung der Ovarien. Prakt Tierarzt Collvet 61, 9-13

STOLLA R, DE KRUIF A (1999): Subfertilität. In : GRUNERT E, BERCHTOLD M (Hrsg.): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Milchrind, 3. Auflage 1999, Parey Verlag, 293-299

STUDER VA, GRUMMER RR, BERTICS SJ (1993): Effect of prepartum propylene glycol administration on periparturient fatty liver in dairy cows. J Dairy Sci 76, 2931-2939

STÜRMER G (2009): Untersuchung von Zusammenhängen zwischen peripartalen Stoffwechselbelastungen und regulatorischen Aspekten des Glucosestoffwechsels sowie Milchleistung und Ovarfunktion bei Hochleistungskühen. Diss agriculturae, Uni Rostock

SÜDEKUM KH (1999): Wiederkäuergerechte Ernährung der Hochleistungskuh. Tagungsband. 26. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Gumpenstein, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, 1-8

SÜDEKUM KH (2002): Glycerin als Futtermittel für Rinder, Schweine und Geflügel. In: Glycerin in der Tierernährung. UFOP-Schriften 17, 9-13

SÜDEKUM KH, SCHRÖDER A (2002): Einfluss der Reinheit und Konzentration von Glycerin auf die Energiegehalte von Glycerin und die Nährstoffverdaulichkeiten gemischter Rationen für Wiederkäuer. UFOP-Schriften 17, 37-50

SUMIYOSHI T, TANAKA T, KAMOMAE H (2014): Relationships between the appearances and changes of estrous signs and the estradiol-17 β peak, luteinizing hormone surge and ovulation during the periovulatory period in lactating dairy cows kept in tie-stalls. J Reprod Dev 60(2), 106-114

SUTHAR V, RAPOSO J, DENIZ A, HEUWIESER W (2012): Häufigkeit der subklinischen Ketose beim Milchrind. Tierärztl Umschau 67, 448-454

SVEBERG G, REFSDAL AO, ERHARD HW, KOMMISRUUD E, ALDRIN M, TVETE IF, BUCKLEY F, WALDMANN A, ROPSTAD E (2011): Behavior of lactating Holstein-Friesian cows during spontan eouscycles of estrus. J Dairy Sci 94 (3), 1289-1301

TAYLOR C, RAJAMAHENDRAN R (1991): Follicular dynamics, corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle. Can J Anim Sci 71, 61-68

THAMLING CH (1980): Anbinde- und Laufstallhaltung - Abgangsgründe und Rassenunterschiede. Tierärztl Umschau 35, 790

TOBER O, SANFTLEBEN P, FLOR J (2009): Untersuchungen zur zirkadianen Aktivitäts- und Ruherhythmik bei Milchkühen mit unterschiedlichem Leistungsniveau mit Hilfe telemetrischer Pedometer-Logger. Jahresbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V. LFA (Hrsg.) 42,13

TRIMBERGER GW (1948): Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. Nebr Agric Exp Stat Res Bull 153, 1-26

TUCKER HA (1982): Seasonality in cattle. Theriogenology 17, 53-59

ULBRICH M, HOFFMANN M, W. DROCHNER W (2004): Stoffwechselstörungen durch Fütterungsregimes mit abweichender Bedarfsdeckung. In: Fütterung und Tiergesundheit. Verlag Ulmer, Stuttgart, 175-193

VANDEHAAR MJ, SHARMA BK, FOGWELL RL (1995): Effect of dietary energy restriction on the expression of insulin-like growth factor-I in liver and corpus luteum of heifers. J Dairy Sci 78, 832-841

VAN EERDENBURG FJCM, LOEFFLER SH, VAN VLIET JH (1996): Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. Vet Quart 18, 52-54

VAN HOUTEN M, POSNER BI, KOPRIWA BM, BRAWER JR (1979): Insulin-binding sites in the rat brain: In vivo localization to the circumventricular organs by radioautography. Endocrinology 105, 666-673

VAN RENSBURG SWJ (1961): Kopertekort Beihvloed vrugbaarheid by diere. Boerdey in SA 36, 50

VAN RENSBURG SWJ, DE VOS WH (1962): Ovulatory failure in bovines. Ondersteepport. J Vet Res 29, 55

VAN VLIET JH, VAN EERDENBURG FJCM (1996): Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Appl Anim Behav Sci* 50, 57-69

VELAZQUES MA, SPICER LJ, WATHES DC (2008): The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction. *Dom Anim Endocrinol* 35(4), 325-42

VELAZQUEZ MA, HADELER KG, HERRMANN D, KUES WA, REMY B, BECKERS JF, NIEMAN H (2012): In vivo oocyte IGF-1 priming increases inner cell mass proliferation of in vitro-formed bovine blastocysts. *Theriogenology* 78(3), 517-527

VELEZ JC, DONKIN SS (2005): Feed restriction induces pyruvate carboxylase but not phosphoenolpyruvate carboxylase in dairy cows. *J Dairy Sci* 88, 2938-2948

VON KEYSERLINGK MAG, OLENICK D, WEARY DM. (2008): Acute Behavioral Effects of Regrouping Dairy Cows, *J Dairy Sci* 91(3), 1011-1016

WADE GN, JONES JE (2004): Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 287, 1277-1296

WALKER WL, NEBEL RL, MC GILLIARD ML (1996): Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J Dairy Sci* 79, 1555-1561

WANGLER A, MEYER A, REHBOCK F, SANFTLEBEN P (2005): Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der Brunsterkennung bei Milchrindern? *Züchtungskunde* 77(2/3), 110-127

WATHES DC, FENWICK M, CHENG Z, BOURNE N, LLEWELLYN S, MORRIS DG, KENNY D, MURPHY J, FITZPATRICK R (2007): Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology* 68, 1, 232-241

WEHREND A, BOSTEDT H (2005): Delayed ovulation in dairy cows: Influence of actual energy supply and milk yield. *Schweiz Arch Tierheilk* 147, 83

WILBERT CA, PRATES ER, BARCELLOS JOJ, SCHAFHÄUSER J (2013): Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. Anim Sci Tech 183 (3-4), 116-123

WILTBANK M, LOPEZ H, SARTORI R, SANGSRITAVONG S, GUMEN A (2006): Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. Theriogenology 65, 17-29

WISHART DF (1972): Observations on the estrus cycle of the Friesian heifer. Vet Rec 90, 595-597

WOERNER B (1997): Einfluss einer Uterusinfusion bzw. einer induzierten Luteolyse auf die Follikelentwicklung beim Rind. Diss Vet Med, LMU München

XU ZZ, MC KNIGHT DJ, VISHWANATH R, PITT CJ, BURTON LJ (1998): Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. J Dairy Sci 81, 2890-2896

YOSHIDA C, NAKAO T (2005): Some characteristics of primary and secondary oestrus signs in high-producing dairy cows. Reprod Dom Anim 40, 150-155

ZEEB K(1970): Massentierhaltung und angewandte Ethologie. Zentralblatt für Veterinärmedizin, Reihe B, 17 (1), 86-90

ZELFEL S (2008): Sind hohe Milchleistungen mit guten Reproduktionsergebnissen bei Schwarzbunten Holsteins vereinbar? Schenkenberg, www.portal-rind.de, http://www.portalrind.de/index.php?module=Downloads&func=prep_hand_out&lid=28
letzter Zugriff am 16.03.2016

ZERTIFIKATE-BASF-1,2-PROPANDIOL: USP-Produktbeschreibung Pharmaqualität (2005), www.e-liquids.de/media/Zertifikate/101486.O.BASF.pdf, letzter Zugriff am 16.03.2016

ZEMJANIS R (1961): Incidence of anestrus in dairy cattle. J Am Vet Med Assoc 139, 1203-1207

ZIMMERMANN DR, SPIES HG, SELF HJ (1960): Ovulation rate in swine as affected by increased energy intake just prior to ovulation. J Anim Sci 19, 295-301

ZUBE P, FRANKE C (2007): Abschlussbericht: Fruchtbarkeit von Milchkühen in Brandenburg. Untersuchungen zum Fruchtbarkeitsmanagement. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Land Brandenburg, Referat 45, Groß Kreutz, At 105/07

ZUREK E, FOXCROFT GR, KENNELLY JJ (1994): Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. J Dairy Sci 78, 1909-1920

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 oder 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, eingehalten.

Artern, den 28.05.2017

Anke Utsch

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr. Axel Wehrend für die Überlassung des interessanten Themas und die geduldige Unterstützung beim Verfassen dieser Arbeit. Ihm sei ebenso gedankt für die Beschaffung der finanziellen Mittel, die diese Studie erst ermöglichten.

Dem Förderverein Biotechnologie e.V. Bonn sei gedankt für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Erl, der als Geschäftsführer der untersuchten Milchviehanlage diesen Feldversuch überhaupt erst ermöglicht hat und allen Ideen des Projektes sehr offen gegenüber stand.

Ebenso bedanke ich mich ganz herzlich bei der Bestandsbesamerin Frau Blume. Mit ihrer freundlichen Art hat sie mich trotz der zusätzlichen Belastung tatkräftig in den Versuchen unterstützt. Sie hatte stets ein Lächeln auf den Lippen und ein offenes Ohr für Fragen. Unermüdlich hat sie fürs Stallprotokoll Rede und Antwort gestanden.

Sehr dankbar bin ich Dr. Müller, der mich als Bestandstierarzt äußerst geduldig und nachsichtig Trächtigkeitsuntersuchungen gelehrt hat und auch dem wissenschaftlichen Teil der Arbeit mit zahlreichen Anregungen zur Seite stand.

Dr. Antje Trogisch-Hause danke ich herzlichst für ihre seelische und moralische Unterstützung zu jeder Tages- und Nachtzeit! Ohne ihre unerbittliche Motivation wäre diese Arbeit nie zu einem Ende gekommen.

Ich danke Debbi dafür, dass sie mir viele Stunden Freizeit geopfert hat, um mir in der Praxis den Rücken frei zu halten!

Julia und Julia sei gedankt für die spontanen Zusatzrecherchen.

Von ganzem Herzen bedanke ich mich bei meiner lieben Familie, die stets an mich glaubt. Meinen Eltern und Geschwistern, die mich auf dem Weg zum Beruf als Tierärztin jederzeit bedingungslos unterstütz haben. Meinem geliebten Mann für sein großes Verständnis, wenn mal wieder alles andere an ihm hängen blieb und meinen Töchtern, für die ich durch diese Arbeit oft viel zu wenig Zeit hatte und die mir trotzdem immer ein aufmunterndes Lachen geschenkt haben. Tausend Dank !



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: 978-3-8359-6684-0

