

Untersuchungen zum Trächtigkeitsverlust zwischen zwei Terminen der Trächtigkeitsuntersuchung bei Milchkühen

Kerstin Sonja Schönwälder



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.

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 2013

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 2013

© 2013 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen

Printed in Germany



édition scientifique
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 Trächtigkeitsverlust zwischen zwei Terminen
der Trächtigkeitsuntersuchung bei Milchkühen**

INAUGURAL-DISSERTATION

Zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von

Kerstin Sonja Schönwälder

Tierärztin aus Eckernförde

Gießen, 2013

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

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

Gutachter: Prof. Dr. Wehrend
Prof. Dr. Doll
Prof. Dr. Ulsleber

Tag der Disputation: 9.12.2013

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung und Fragestellung.....	1
2	Literatur.....	2
2.1	Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung beim Rind.....	2
2.1.1	Direkte Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung.....	2
2.1.1.1	Transrektale Palpation.....	2
2.1.1.2	Sonographische Untersuchung.....	6
2.1.1.2.1	Darstellung der Trächtigkeit mittels Ultraschall.....	6
2.1.1.2.2	Untersuchungstechnik.....	9
2.1.1.2.3	Ursachen für Fehldiagnosen.....	10
2.1.1.2.4	Genauigkeit.....	10
2.1.1.2.5	Wirtschaftlichkeit.....	12
2.1.2	Indirekte Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung.....	13
2.1.2.1	Nachweis graviditätsspezifischer Proteine.....	13
2.1.2.2	Progesteronnachweis.....	15
2.1.2.3	Bestimmung von Östronsulfat und Östrogen.....	16
2.2	Embryonale Mortalität beim Rind.....	16
2.2.1	Definition.....	17
2.2.2	Größenordnung.....	18
2.2.3	Ursachen.....	21
2.2.3.1	Genetische Faktoren.....	21
2.2.3.2	Fütterung und Stoffwechsel.....	23
2.2.3.3	Toxine.....	25
2.2.3.4	Krankheiten.....	25
2.2.3.5	Hitzestress.....	27

2.2.3.6	Hormonelle Imbalancen.....	30
2.2.3.7	Zwillingsgraviditäten.....	32
2.2.3.8	Parität und Alter.....	33
2.2.3.9	Besamung von tragenden Tieren.....	33
2.2.3.10	Infektiöse Ursachen.....	34
3	Tiere, Material und Methoden.....	37
3.1	Material.....	37
3.1.1	Betriebe.....	37
3.1.2	Einschlusskriterien der Tiere.....	38
3.1.3	Insemination.....	39
3.1.4	Ultraschallgerät.....	39
3.2	Methoden.....	40
3.2.1	Trächtigkeitsuntersuchung per transrektalem Ultraschall.....	40
3.2.2	Bestimmung der Rückenfettdicke.....	42
3.2.3	Untersuchungstechnik.....	42
3.2.4	Datenerhebung.....	44
3.2.5	Statistische Auswertung.....	45
4	Ergebnisse.....	49
4.1	Tiere.....	49
4.2	Embryonale Mortalitätsrate.....	49
4.2.1	Gesamt.....	49
4.2.2	Betriebsspezifisch.....	50
4.3	Risikofaktoren für Fruchtverluste im Untersuchungszeitraum.....	52
4.3.1	Milchleistung.....	54
4.3.2	Gützeit.....	55
4.3.3	Anzahl der Embryonen.....	56

4.3.4	Veränderungen der Körperkondition.....	58
4.3.5	Anzahl der Laktationen.....	61
4.3.6	Alter.....	63
4.3.7	Verlauf der letzten Kalbung.....	64
4.3.8	Hormonelle Vorbehandlungen.....	65
4.3.9	Krankheiten (Lahmheit, Mastitis).....	66
4.3.10	Betrieb.....	70
4.4	Aborte und Geburten.....	70
5	Diskussion.....	72
5.1	Diskussion der Fragestellung.....	72
5.2	Diskussion der Methodik.....	73
5.3	Diskussion der Ergebnisse.....	75
5.3.1	Tiere.....	75
5.3.2	Fruchtverluste.....	75
5.3.3	Einfluss der Milchleistung.....	77
5.3.4	Einfluss der Gützeit.....	77
5.3.5	Einfluss von Zwillingssgraviditäten.....	78
5.3.6	Einfluss der Veränderungen der Körperkondition.....	80
5.3.7	Einfluss der Anzahl der Laktationen und des Alters.....	82
5.3.8	Einfluss des Verlaufs der letzten Kalbung.....	84
5.3.9	Einfluss hormoneller Vorbehandlungen.....	84
5.3.10	Einfluss von Krankheiten (Lahmheit, Mastitis).....	85
5.3.11	Einfluss des Betriebes.....	87
5.4	Aborte und Geburten.....	89
5.5	Offene Fragestellungen.....	90
5.6	Schlussbetrachtung und Fazit für die Praxis.....	90

6	Zusammenfassung.....	91
7	Summary.....	93
8	Literaturverzeichnis.....	95
	Danksagung.....	120
	Erklärung.....	121

Abkürzungen

BCS	body condition score
bzw.	beziehungsweise
C. l.	Corpus luteum
cm	Zentimeter
EEM	early embryonic mortality, frühe embryonale Mortalität
EIA	Enzymimmunoassay
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
e. M.	embryonale Mortalität
kg	Kilogramm
l	Liter
LEM	late embryonic mortality, späte embryonale Mortalität
MHz	Megahertz
mm	Millimeter
NEB	negative Energiebilanz
P ₄	Progesteron
(b)PAG	(bovine) Pregnancy Associated Glykoprotein
p. c.	post conceptionem
PGF _{2α}	Prostaglandin F _{2α}
p. i.	post inseminationem
p. p.	post partum
PSPB	Pregnancy Specific Protein B
RIA	Radioimmunoassay
RFD	Rückenfettdicke
TU	Trächtigkeitsuntersuchung

1 Einleitung und Fragestellung

Seit in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts der transrektale Ultraschall zur Graviditätsdiagnostik für das Rind etabliert wurde, gilt das Verfahren als Goldstandard für eine frühe und sichere Trächtigkeitsuntersuchung (TU). Der früheste Zeitpunkt einer verlässlichen Diagnose ist bei Kühen der 28. Tag p. i. (Kähn, 1985; van der Weijden und Taverne, 1999) und liegt damit deutlich vor der entsprechenden Möglichkeit mittels transrektaler Palpation. Der Vorteil einer frühen Trächtigkeitsdiagnostik ist die zeitnahe Erkennung von nicht tragenden Tieren, was zur Reduktion von Günsttügen beiträgt. Das Senken der Günsttügen ist eines der Hauptziele im Reproduktionsmanagement und bringt einen erheblichen wirtschaftlichen Fortschritt (Labèrnia et al., 1996). Als Nachteil einer frühen TU wird die Möglichkeit eines Fruchtverlustes nach dem Untersuchungstermin angeführt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen daher folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Wie hoch ist der Anteil der Tiere, die bei einer früh (Tag 28 - 35 p. i.) durchgeführten sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung mit positivem Ergebnis ab dem 42. Tag p. i. nicht mehr tragend sind?

- Gibt es Risikofaktoren für die Tiere, deren Frucht zwischen dem 28. und dem 49. Tag p. i. abstirbt?

2 Literatur

2.1 Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung beim Rind

Eine Trächtigkeitsuntersuchung hat das Ziel, früh und sicher eine Trächtigkeit festzustellen oder auszuschließen. Wichtiger noch als ein positiver Befund bei einer Trächtigkeitsuntersuchung ist ein frühzeitiger Ausschluss einer Trächtigkeit, um ohne Zeitverlust entsprechende Maßnahmen (erneute Belegung/Besamung und/oder Therapie) ergreifen zu können. In einem optimal geführten Betrieb sollte die Zwischenkalbezeit 12 bis 13 Monate nicht übersteigen (Mansfeld et al., 1999). Nach Britt (1975) bedeutet jeder Tag, den ein Tier über eine mittlere Günstzeit von 85 Tagen hinaus nicht tragend ist, wirtschaftliche Einbußen für den Landwirt.

Unabhängig von der Untersuchungsmethode besteht ein Konflikt zwischen der Genauigkeit und der Frühzeitigkeit der Diagnose (van der Weijden und Taverne, 1999).

2.1.1 Direkte Methoden der Trächtigkeitsuntersuchung

2.1.1.1 Transrektale Palpation

Die transrektale Palpation stellt eine einfache und günstige Methode zur Trächtigkeitsuntersuchung dar. Erste hinweisende Befunde auf eine Trächtigkeit vor dem 28. Tag bei jungen Färsen und ab dem 32. Tag bei Kühen sind das Ausbleiben der Brunst und ein palpierbares Corpus luteum (C. l.), welche nach Zaied et al. (1979) aber unsichere Kriterien sind. Die Trächtigkeitsuntersuchung per transrektaler Palpation kann von erfahrenen Untersuchern ab der 5. Trächtigkeitswoche, von weniger erfahrenen Untersuchern sicher ab der 6. bis 8. Woche nach der Konzeption durchgeführt werden. Es wird geraten, ab der 6. Trächtigkeitswoche und in Einzelfällen noch später, die Diagnose „tragend/vermutlich tragend“ bzw. „nicht tragend/vermutlich nicht tragend“ zu stellen. Dafür sprechen forensische Gründe in Anbetracht von individueller biologischer Variabilität, dem Alter der Tiere sowie Schwierigkeiten bei der Untersuchung des Tieres (Ahlers und Heuwieser, 2000a, b).

Im Rahmen der manuellen transrektalen Palpation werden Größe, Symmetrie, Konsistenz und Füllung des Uterus beurteilt. In den frühen Stadien (ab der 5. Woche, beginnendes Kleinsäckchenstadium) sind folgende Befunde hinweisend auf eine Trächtigkeit: Größenzunahme und Asymmetrie des Uterus, Dünnwandigkeit eines Uterushorns sowie ein C.I. mit der Größe und Konsistenz eines Blüte- oder Trächtigkeitsegelbkörpers.

Ab dem dritten Monat (Großsäckchenstadium) werden als hinweisende Graviditätskriterien die Asymmetrie, die Wandverdünnung und die nun in beiden Uterushörnern fühlbare Fluktuation gewertet. Der Uterus ist noch umfassbar. Im vierten und fünften Graviditätsmonat (Ballonstadium) kommt es zu einer starken volumenmäßigen Vergrößerung des Uterus; dieser lässt sich nicht mehr vollständig umfassen. Zusätzlich auswertbar ist das Uterinschwirren ab dem 3,5. Monat (Ahlers und Andresen, 1996; van der Weijden und Taverne, 1999).

Anhand der bisher genannten Befunde kann keine sichere positive Trächtigkeitsdiagnose, sondern lediglich eine Verdachtsdiagnose gestellt werden. Einzig folgende Befunde gelten als beweisend für eine Trächtigkeit: ein positiver Eihautgriff (ab dem 35. Tag), Fruchtteile, Eihäute, Karunkeln und das sog. Ballotement (ab der 9. Woche), also der Gegenstoß des Fetus bzw. von Teilen des Fetus beim Ballotieren (Ahlers und Heuwieser, 2000a).

Wichtige hinweisende und beweisende Befunde bei der manuellen rektalen Trächtigkeitsdiagnostik sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Hinweisende (h) und beweisende (b) Befunde bei der Graviditätsdiagnostik mittels transrektaler Palpation nach van der Weijden und Taverne (1999).

Kriterien einer Gravidität	hinweisend (h) beweisend (b)	Graviditätsstadium
Deutliches Corpus luteum	h	24. Tag - Ende
Asymmetrie des Uterus	h	30. Tag - Ende
Fluktuation u. Wandverdünnung	h	30. Tag - Ende
Amnionblase	b	35. – 65. Tag
Doppelwandigkeit (Eihautgriff)	b	35. Tag - Ende
Fruchtteile	b	35. Tag - Ende
Plazentome	b	70. Tag - Ende
Uterinschwirren gravidus	h - b	3,5 Monate - Ende
Horn nicht gravidus	h - b	5./6. Monat - Ende

In der Literatur finden sich kontroverse Angaben, ob die manuelle rektale Palpation als Ursache für embryonale/fetale Mortalität zu sehen sei. Während einige Autoren einen Zusammenhang zwischen manueller rektaler Palpation und embryonaler/fetaler Mortalität nachweisen (Paisley et al., 1978; Vaillancourt et al., 1979), schließen andere Studien die rektale Palpation als Auslöser für einen Fruchtverlust aus (Thompson et al., 1994; Romano et al., 2007).

Bei der manuellen rektalen Palpation kann es zu Fehldiagnosen kommen. Es wird zwischen falsch negativen Diagnosen, bei denen die Trächtigkeit eines Tieres nicht erkannt wird, und falsch positiven Diagnosen, bei denen ein nicht tragendes Tier fälschlicherweise als tragend bezeichnet wird, unterschieden. In der Literatur werden verschiedene Ursachen für Fehldiagnosen genannt (Kassam et al., 1987; Baxter und Ward, 1997; van der Weijden und Taverne, 1999).

Ursachen für falsch negative Diagnosen:

- im Kleinsäckchenstadium werden beide Uterushörner nicht vollständig abgetastet
- im Senkungsstadium wird die Zervix mit dem Uterus verwechselt
- bei Kühen mit eitrigem Scheidenausfluss wird die Uterusvergrößerung auf einen pathologischen intrauterinen Prozess zurückgeführt
- bei Frühgraviditätsuntersuchungen mit irreführendem oder ungenauem Vorbericht besteht ein früheres und rektal noch nicht feststellbares Graviditätsstadium

Die Folgen von falsch negativen Diagnosen sind ein meist sichtbares Verwerfen der Tiere durch Prostaglandinverabreichung oder der Verkauf von tragenden Tieren zur Schlachtung. Beides hat negative finanzielle Folgen für den Landwirt (van der Weijden und Taverne, 1999).

Ursachen für falsch positive Diagnosen:

- die stark gefüllte Harnblase wird für den Uterus gehalten
- der stark gefüllte dorsale Pansenblindsack reicht in die Beckenhöhle hinein und wird mit Fruchtteilen verwechselt
- pathologischer Uterusinhalt (Mukometra, Pyometra, Tumoren) wird für eine normale Gravidität gehalten
- trotz positiven Eihautgriffs liegt nach einem Fruchttod keine Gravidität mehr vor

Die Folgen von falsch positiven Diagnosen sind wiederum wirtschaftliche Einbußen für den Landwirt, da sich die Gützeit der Tiere verlängert (Pitcher und Galligan, 1990; Thompson et al., 1994).

2.1.1.2 Sonographische Untersuchung

Seit Anfang der 80er Jahre die Ultraschalldiagnostik für die Nutztiermedizin übernommen und angepasst wurde, hat sich das Verfahren in der Rinderpraxis zur genauen und sicheren Trächtigkeitsdiagnostik etabliert (Kähn, 1991; Müller, 2000; López-Gatius und García-Ispuerto, 2010).

2.1.1.2.1 Darstellung des trächtigen Uterus mittels Ultraschall

Zur Darstellung der weiblichen Geschlechtsorgane und zur Graviditätsdiagnostik des Rindes wird ein Endorektalschallkopf mit linearem Strahlengang verwendet. Je nach zu untersuchender Struktur wird die Frequenz gewählt; eine hohe Frequenz von 7,5 MHz hat eine nur geringe Eindringtiefe von 4 - 5 cm und ein Auflösungsvermögen von 2 mm, also eine gute Bildqualität (Giger, 1995). Entsprechend sinkt mit der Frequenz das Auflösungsvermögen, während die Eindringtiefe steigt, sodass man bei 5,0 MHz eine Eindringtiefe von 8 - 10 cm und bei 3,5 MHz eine Eindringtiefe von 12 - 15 cm mit niedrigerer Auflösung erreicht (Giger, 1995).

Daraus folgt die Anwendung der verschiedenen Schallfrequenzen zur Darstellung der unterschiedlichen Trächtigkeitsstadien: Mit entsprechend hohen Frequenzen ab 5,0 MHz können ab dem 10. bis zum 25. Graviditätstag in vielen Fällen Anschnitte des Fruchtsäckchens, das als fadenförmiger, dünner Schlauch im Uteruslumen liegt (Curran et al., 1986a) und einen Durchmesser von 2 - 4 mm erreicht (Pierson und Ginther, 1984), als sehr kleine, echolose, meist runde Bereiche dargestellt werden. Bei der Flüssigkeit im Uteruslumen kann es sich neben Fruchtwasser auch um Brunstsekret, Flüssigkeit, die im Diöstrus sezerniert wurde (Pierson und Ginther, 1984), oder pathologische Flüssigkeitsansammlungen (Kähn, 1985) handeln. Aus diesen Gründen kann eine Flüssigkeitsansammlung im Uteruslumen nicht als sicheres Zeichen einer Trächtigkeit gewertet werden. Dies ist nur zulässig, wenn embryonale Strukturen sicher angesprochen werden können (Kähn, 1991). Eine praxisrelevante Trächtigkeitsdiagnose ist mittels Ultraschall vor dem 20. Tag nicht zuverlässig möglich (Kastelic et al., 1989). Die Herzanlage beginnt sich ab dem 20. Tag rhythmisch zu kontrahieren und ist als schnelles Aufblinken echointensiver Punkte zu erkennen (Pierson und Ginther, 1984; Curran et al., 1986a, b). Die Frequenz der embryonalen Herzaktion liegt je nach Trächtigkeitstag zwischen 150

und 204 Schlägen/Minute (Kähn, 1989; Curran et al., 1986b). Ab dem 25. Tag sind häufig mehrere echolose Anschnitte der Fruchtblase nebeneinander zu erkennen, die „Pseudoampullen“ genannt werden (s. Abbildung 1). Das Erscheinungsbild der Pseudoampullen entsteht durch in den Uterus ragende Falten der Uteruswand, die die Abbildung der Fruchtblase unterbrechen. Das pseudoampullenartige Bild ist im zweiten Graviditätsmonat besonders deutlich (Kähn, 1989; Kähn, 1997; Abbildung 1).

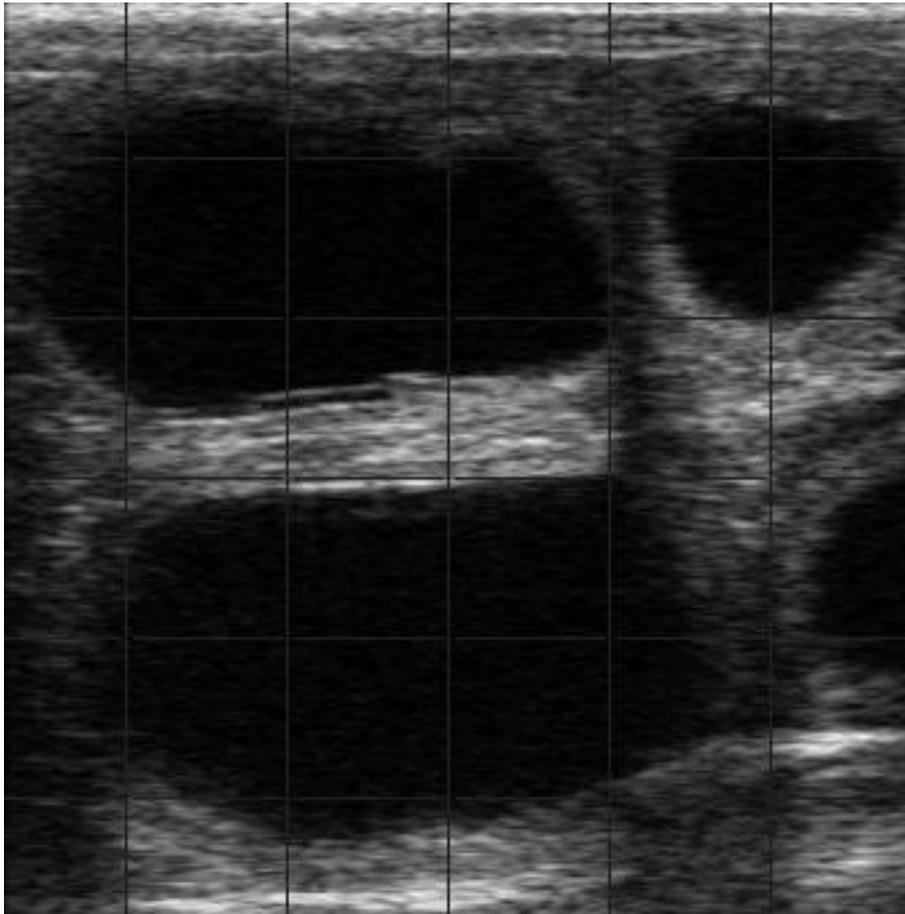


Abbildung 1: Pseudoampullenartiges Bild des trächtigen Uterus einer pluriparen Kuh am 57. Tag p. i., Seitenlänge der Quadrate 1 cm, Schallfrequenz 5 MHz.

Der Embryo lässt sich bei einer Frequenz von 5 MHz ab dem 20. Tag sonographisch darstellen (Curran et al. 1986a, b), ist aber vor dem 25. Tag schwer zu finden, da er der Uteruswand eng anliegt (Kähn 1991). Die Darstellung des Embryo gelingt nach Kähn (1985) in allen Fällen ab dem 28. Tag. Der Embryo liegt bis etwa zum 30. Tag eng an der Uteruswand und ist als echointensive Vorwölbung in das Uteruslumen zu erkennen.

Das Wachstum des Embryos vollzieht sich linear und nimmt zwischen dem 25., 30., 35. und 40. Tag von 5 auf 12, 15, 20 mm Länge zu (Pierson und Ginther, 1984; Kähn, 1985; Curran et al., 1986b), hebt sich von der Uteruswand ab und ist ab dem 30. Tag von allen Seiten von Flüssigkeit umgeben. Am 30. Tag erreicht das Fruchtsäckchen einen Durchmesser von 18 - 20 mm und ist, mit 4 - 8 mm deutlich schmaler, auch im kontralateralen Uterushorn nachweisbar (Kähn, 1985; Chaffaux et al., 1986; Curran et al., 1986b). Die embryonalen Strukturen und ihre erstmalige Darstellbarkeit per Ultraschall sind in Tabelle 2 aufgeführt. Diese Informationen dienen zur genauen Altersbestimmung des Konzeptus (Pierson und Ginther, 1984).

Tabelle 2: Embryo und fetale Strukturen und ihre erstmalige Darstellbarkeit per Ultraschall nach Angaben in der Literatur.

Struktur	Gestationstag, Struktur erstmals sichtbar (Curran et al., 1986a, b)	Gestationstag, Struktur erstmals sichtbar (Totey et al., 1991)
Embryo	19 bis 24	18,5 ± 0,7
Herzschlag	19 bis 24	22,6 ± 0,9
Allantoisblase	22 bis 25	23,1 ± 0,8
Wirbelsäule	26 bis 33	33,0 ± 1,5
Vorderbeinanlagen	28 bis 31	32,7 ± 1,3
Amnionblase	28 bis 33	25,1 ± 1,4
Augenhöhle	29 bis 33	33,6 ± 1,4
Hinterbeinanlagen	30 bis 33	32,9 ± 1,3
Plazentome	33 bis 38	
Klauen	42 bis 49	40,6 ± 1,1
fetale Bewegungen	42 bis 50	50,7 ± 1,0
Rippen	51 bis 55	60,9 ± 1,7

Die Geschlechtsbestimmung des Embryos gelingt zwischen dem 60. und 90. Tag durch die Darstellung der Lage des Geschlechtshöckers (Kähn, 1991). Ab dem 100. Gestationstag wird die Darstellbarkeit der Merkmale Skrotum oder Milchdrüsenanlage als Kriterium herbeigezogen. Durch Vermessen von Gliedmaßen, Kopf und anderen Körperteilen kann das Gestationsstadium festgestellt werden (Kähn, 1989).

Von großer praktischer Bedeutung ist das frühzeitige Erkennen von Kühen mit spätembryonaler oder frühfetaler Mortalität durch die Ultraschalldiagnostik. Sichtbare Zeichen einer embryonalen Mortalität sind fehlende Herztätigkeit, zu wenig Allantoisflüssigkeit, keine klare Amnionflüssigkeit und die Desintegration von Fruchthüllen (Chaffaux et al. 1986; Szenci et al. 1998b). Nach einem intrauterinen Fruchttod kann der Gelbkörper noch Tage bis Wochen aktiv bleiben und die Kühe kommen nicht in Brunst (Kassam et al., 1987; Kastelic und Ginther, 1989). Nach Feststellung des Fruchttodes kann unmittelbar durch Verabreichung von Prostaglandinen eine Luteolyse bewirkt und somit der Zeitverlust deutlich verkürzt werden.

Weitere Untersuchungen, die routinemäßig per transrektalem Ultraschall durchgeführt werden können, sind die Feststellung von Zwillingss graviditäten, die Durchführung von Puerperalkontrollen, die Diagnostik von Funktionskörpern (Gelbkörper, Follikel u.a. zur Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes) und die Darstellung von Ovarialzysten sowie von pathologischen Uterusveränderungen (Endometritis, Pyometra).

2.1.1.2.2 Untersuchungstechnik

Für die transrektale Ultraschalldiagnostik wird das zu untersuchende Tier zum Schutz von Untersucher und Gerät in einem Fressfanggitter oder einer Liegebox fixiert (Ahlers, 1999). Es erfolgt die manuelle Kontrolle des Genitaltraktes und der Uterus wird, wenn möglich, im Becken versammelt. Unter Handschutz wird der Endorektalschallkopf in das Rektum eingeführt und dorsal über dem Uterus platziert (Kähn, 1997). Es werden beide Uterushörner mit kraniokaudalem und dorsoventralem Strahlengang durch Schwenken des Schallkopfes nach lateral in Längsschnitten dargestellt. Durch weiteres Schwenken nach lateral können auch die Ovarien abgebildet werden (Kähn, 1991).

2.1.1.2.3 Ursachen für Fehldiagnosen

Bei einer zu raschen Untersuchung des Genitaltraktes, vor allem bei älteren Kühen mit großer Gebärmutter und bei Verwendung von niedrigen Schallfrequenzen, kann es zu falsch-negativen Diagnosen durch das Übersehen von Fruchtwasser und embryonalen Strukturen kommen (Chaffaux et al., 1986; van der Weijden und Taverne, 1999).

Falsch-positive Diagnosen werden meist gestellt, wenn das Auffinden von klarer Flüssigkeit im Uterus als Trächtigkeitsbeweis angesehen wird, ohne dass der Untersucher den Embryo mit Herzschlag darstellt oder die Ovarien untersucht (Chaffaux et al., 1986; Pieterse et al., 1990; van der Weijden und Taverne, 1999). Die Diagnose „trächtig“ im Rahmen der Frühträchtigkeitsdiagnose ist nur statthaft, wenn ein Embryo mit Herzschlag dargestellt werden kann (Kähn, 1997).

2.1.1.2.4 Genauigkeit

Die Genauigkeit, also die Anzahl der korrekt-positiven und korrekt-negativen Diagnosen im Verhältnis zu allen Untersuchungen, ist für die Wirtschaftlichkeit der Untersuchungsmethode von entscheidender Bedeutung. Fehldiagnosen bedeuten immer eine Verlängerung der Güstzeit und damit eine wirtschaftliche Einbuße für den Landwirt.

In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass die Genauigkeit einer frühen Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall mit steigendem zeitlichem Intervall zwischen Besamung und Trächtigkeitsuntersuchung anstieg (Pieterse et al., 1990; Müller, 2000). Dabei ergab sich, dass bei Kühen eine Genauigkeit von 98 % bei einem zeitlichen Intervall von 29 und 35 Tagen zwischen Besamung und Trächtigkeitsuntersuchung erreicht werden kann, bei Färsen wurde eine Genauigkeit von 98 % bereits 25 bis 31 Tage nach der Besamung erreicht (Heuwieser und Müller, 2000; Tabelle 3 und 4).

Tabelle 3: Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall bei Kühen nach Heuwieser und Müller (2000), KB = künstliche Besamung, TU = Trächtigkeitsuntersuchung.

Untersuchungen	Zeitintervall in Tagen zwischen KB und TU			
	20 - 23	24 - 27	28 - 31	> 31
Anzahl	146	201	116	116
korrekt-positiv %	42,5	36,3	54,3	51,7
korrekt-negativ %	26,7	45,7	39,7	46,5
falsch-positiv %	26,0	9,0	3,4	0,9
falsch-negativ %	4,8	9,0	2,6	0,9

Tabelle 4: Genauigkeit der Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall bei Färsen nach Heuwieser und Müller (2000), KB = künstliche Besamung, TU = Trächtigkeitsuntersuchung.

Untersuchungen	Zeitintervall in Tagen zwischen KB und TU			
	20 - 23	24 - 27	28 - 31	> 31
Anzahl	194	182	224	120
korrekt-positiv %	59,8	66,0	70,6	70,0
korrekt-negativ %	25,3	29,7	28,1	29,2
falsch-positiv %	11,9	1,6	0,9	0,8
falsch-negativ %	3,0	2,7	0,4	0

Heuwieser und Müller (2000) empfehlen aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse für die Praxis, im wöchentlichen Rhythmus Trächtigkeitsuntersuchungen bei Kühen zwischen dem 29. und dem 35. Tag und Färsen zwischen dem 25. und dem 31. Tag nach der Besamung durchzuführen. Dabei sind auf 100 Trächtigkeitsuntersuchungen zwei Fehldiagnosen zu erwarten (Fehlerquote von 2 %), was ein für Tierarzt und Landwirt kalkulierbares Restrisiko bedeutet und bei der konsequenten Durchführung der Trächtigkeitsuntersuchungen auf Herdenbasis den ökonomischen Nutzen nicht schmälert.

2.1.1.2.5 Wirtschaftlichkeit

Der ökonomische Nutzen einer frühen Trächtigkeitsuntersuchung ist unter anderem von folgenden Faktoren abhängig: Zeitpunkt der Trächtigkeitsuntersuchung, Genauigkeit der Diagnose, Maßnahmen bei negativer Diagnose, Herdengröße, Besuchsintervall und Kosten für das Ultraschallgerät (De Vries et al., 2005). Das Ziel von routinemäßigen Trächtigkeitsuntersuchungen auf Herdenbasis ist das frühzeitige Erkennen von nicht-tragenden Tieren und das Einleiten von Günstzeit verkürzenden Maßnahmen (Paisley et al., 1978).

Nach einem Modell von Descôteaux und Fetrow (1998) liegen die Kosten pro zusätzlichem Günsttag ab dem 100. Laktationstag bei 4 \$ und die Kosten für die Anschaffung und jährliche Unterhaltung, Versicherung und Zinsen des Ultraschallgeräts bei je 15.000 \$ und 1.600 \$. Anhand dieser Zahlen ermittelten die Autoren, unter welchen Bedingungen sich die Investition in ein Ultraschallgerät nach 2, 3 oder 4 Jahren rentiert hat. Dabei fiel ins Gewicht, wie viele Günsttage pro Herde durch die frühe Trächtigkeitsuntersuchung mit Ultraschall eingespart werden konnten, was der maximale Preis pro Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall sein muss, um kostendeckend zu arbeiten (Break-even-Preis) und wie viele Herden à 100 Tiere ein Tierarzt betreuen muss.

Descôteaux und Fetrow (1998) kamen auf folgende Ergebnisse:

- in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitraum (27. – 32. oder 27. – 34. Tag p. i.) und Besuchsintervall (7- / 14- /30- tägig) konnten 252 Günsttage (1.008 \$) bzw. zwischen 294 und 336 Günsttage (1.176 – 1.344 \$) eingespart werden
- der Break-even-Preis pro TU mittels Ultraschall beträgt bei einem wöchentlichen Besuchsintervall 8,40 \$, bei einem 14 – tägigen Besuchsintervall 16,80 \$ und bei einem monatlichen Besuchsintervall etwa 36 \$
- bei einem wöchentlichen Besuchsintervall eines Tierarztes in 15 gut geführten Herden mit einer Größe von etwa 100 Tieren haben sich die Kosten für ein Ultraschallgerät nach drei Jahren amortisiert. Je länger das Besuchsintervall gewählt wird, desto länger dauert das Abbezahlen des Ultraschallgeräts. Wirtschaftlich noch interessanter für Tierarzt und Landwirt ist die Kosten-

Nutzen-Rechnung für Betriebe mit schlechterer Fruchtbarkeit, also einer Trächtigkeitsrate unter 70 %

Neben dem Vorteil des Einsparens von Günstagen durch die frühe TU kann das Ultraschallgerät in der Rinderpraxis weiterhin zur Sterilitätsdiagnostik, Follikelaspiration und Geschlechtsbestimmung des Fetus genutzt werden und somit dem Tierarzt weitere Einkommensquellen sichern (Descôteaux und Fetrow, 1998).

2.1.2 Indirekte Methoden der Trächtigkeitsdiagnostik

2.1.2.1 Nachweis graviditätsspezifischer Proteine

Bovine Pregnancy Associated Glycoproteins (bPAGs) gehören zu einer großen Familie von Aspartat-Peptidasen und werden von spezialisierten Trophoblastzellen der Wiederkäuerplazenta gebildet. Pregnancy-Specific Protein B (PSPB) war das erste PAG, das entdeckt wurde (Butler et al., 1982). PAGs sind ein guter und sicherer Indikator für eine Trächtigkeit und die gesunde Entwicklung der fetoplazentaren Einheit (Szenci et al., 1998a, b; Sousa et al., 2008). Die biologische Funktion der PAGs ist noch unbekannt (Sousa et al., 2008). Eine Übersicht über das Auftreten der verschiedenen PAG-Typen im Verlauf der Trächtigkeit ist in Abbildung 2 gegeben.

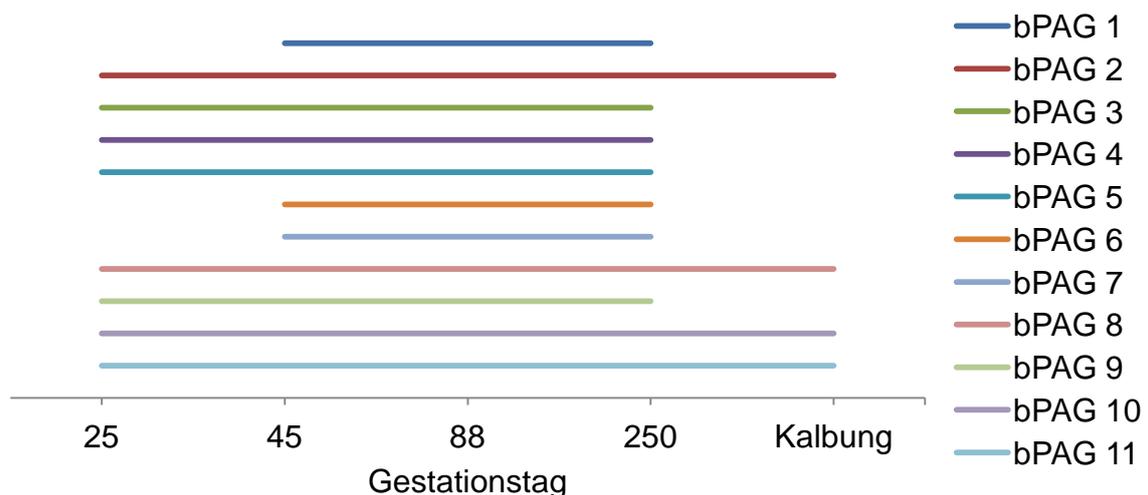


Abbildung 2: Auftreten der verschiedenen bPAG-Typen im Verlauf der Trächtigkeit (nach Green et al., 2000).

Der Nachweis von PAGs ist ab der dritten Graviditätswoche mittels einer radioimmunologischen Bestimmung (RIA) im Plasma und mittels Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) im Serum möglich (Zoli et al., 1992; Szenci et al., 1998a; van der Weijden und Taverne, 1999; Piechotta et al., 2011). Die PAG-Konzentration im Serum des Muttertiers steigt bis zum Partus kontinuierlich an und erreicht ein bis fünf Tage vor der Geburt ihren Maximalwert (Zoli et al. 1992). Die Proteine sind wegen ihrer langen Halbwertszeit und der hohen Konzentration im geburtsnahen Zeitraum noch einige Wochen nach dem Abkalben im Plasma nachweisbar, weshalb die Methode nur bei Kühen angewendet werden kann, die nach dem 70. Tag p. p. belegt worden sind (van der Weijden und Taverne, 1999). In der Literatur reichen die Zeiträume für die Nachweisbarkeit p. p. von 100 ± 20 Tagen (Zoli et al., 1992) bis zu 14 Wochen (Sousa et al., 2008). Auch im Fall von spätembryonaler Mortalität bleibt die PAG-Konzentration über längere Zeit erhöht, was zu falsch-positiven Diagnosen führen kann (Szenci et al., 1998a; Piechotta et al., 2011).

Verglichen mit der Sonographie verhält sich die Bestimmung der PAGs zur Trächtigkeitsdiagnostik nach einer Studie von Szenci et al. (1998a) hinsichtlich der Sensitivität (Anzahl der korrekten Diagnosen „tragend“ im Verhältnis zur Anzahl der tatsächlich tragenden Tiere) und Spezifität (Anzahl der korrekten Diagnosen „nicht tragend“ im Verhältnis zur Anzahl der tatsächlich nicht tragenden Tiere) wie folgt: Am 26./27. Tag p. i. betrug die Sensitivität für den PAG-Nachweis 81,2 % und die Spezifität 56,7 %, für die Ultraschalldiagnostik lag die Sensitivität im selben Zeitraum bei 45,3 % und die Spezifität bei 98,6 %. Im weiteren Verlauf der Trächtigkeit nimmt die Genauigkeit beider Methoden immer weiter zu; allerdings erreicht die Bestimmung der PAGs nie die Spezifität der Ultraschalldiagnostik: ab dem 33./34. Tag p. i. erreicht diese 100 %, während die Spezifität der PAG - Bestimmung 79 % am 39. – 42. Tag nicht überschreitet. Piechotta et al. (2011) vergleichen die Genauigkeit eines PSPB- und eines PAG-ELISAs mit der Ultraschalldiagnostik als Goldstandard. Hierbei ergeben sich eine Sensitivität von 98,0 bzw. 97,8 % und eine Spezifität von 97,1 bzw. 91,2 %. Zwischen der Genauigkeit der PSPB- und der PAG-Bestimmung besteht kein signifikanter Unterschied.

2.1.2.2 Progesteronnachweis

Der Nachweis von Progesteron in Blut und Milch zur Trächtigkeitsdiagnose und -überwachung beruht auf der Progesteron-(P₄)Sekretion des Trächtigkeitsgelbkörpers. Der P₄-Wert gibt also eine Aussage über die Funktion des Gelbkörpers, nicht über einen lebenden Embryo (Humblot, 2001; Bech-Sàbat, 2010). Bei trächtigen Tieren bleibt die P₄-Konzentration über den 20. Tag hinaus auf einem erhöhten Niveau. Im Gegensatz dazu fällt sie bei nicht tragenden Tieren ab dem 17. Tag p. i. ab, was die funktionelle und morphologische Rückbildung des Zyklusgelbkörpers reflektiert (Zaied et al., 1979; Lamming et al., 1989; Kastelic et al., 1990).

Die P₄-Bestimmung im Blut und in der Milch wird hauptsächlich zum Ausschluss einer Trächtigkeit drei Wochen nach der Belegung eingesetzt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die P₄-Konzentration in Blut oder Milch zu messen. Laborgebundene Methoden sind Radioimmunoassays (RIA) und Enzymimmunoassays (EIA). Im Stall sofort und schnell durchführbar sind Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) und Latexagglutination (LA) (van der Weijden und Taverne, 1999).

Bei hohen P₄-Werten gibt es nach van der Weijden und Taverne (1999) verschiedene Interpretationsmöglichkeiten:

- das Tier kann tragend sein (normale Frühgravidität)
- das Tier kann zum Untersuchungszeitpunkt tragend sein und später resorbieren
- das Tier kann eine verzögerte Gelbkörperrückbildung aufweisen (ohne Gravidität oder durch kurz nach dem 15. Tag eingetretene frühembryonale Mortalität)
- das Tier kann einen abnorm kurzes Brunstintervall haben
- das Tier kann in der Gelbkörperphase besamt worden sein

Wegen der aufgeführten Gründe kann es zu einer Reihe falsch-positiver Diagnosen kommen. Zaied et al. (1979) empfehlen, die P₄-Bestimmung mit einer späteren transrektalen Palpation zu kombinieren.

Pieterse et al. (1990) vergleichen die Genauigkeit der Methode mit der sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung. Am 21. Tag nach der Besamung liegt die Sensitivität demnach zwischen 86,2 % (RIA) und 93,1 % (EIA), die Sensitivität einer Ultraschalluntersuchung liegt zum selben Zeitpunkt bei 98 %. Die Spezifität des Testes liegt zwischen 47,5 % (RIA) und 39,3 % (EIA) und ist damit niedriger als die des Ultraschalls (88 %) und des PAG-Tests.

2.1.2.3 Bestimmung von Östronsulfat und Östrogen

Die Bestimmung von Östronsulfat in der Milch ab der 15. Trächtigkeitswoche bzw. die Östrogenbestimmung im Blut ab dem 6. Monat der Trächtigkeit gibt Hinweise auf eine lebende Frucht, wenn diese mit der Hand vom Rektum her nicht mehr erreichbar ist. Hohe Werte sprechen für das Vorhandensein einer lebenden Frucht, da die Plazenta als Hormonbildungsstätte fungiert (van der Weijden und Taverne, 1999).

2.2 Embryonale Mortalität beim Rind

Die Reproduktionsleistung hochleistender Kühe sinkt seit Jahrzehnten stetig (Lucy, 2001). Die Hauptfaktoren hierbei sind reduzierte Konzeptionsraten sowie eine steigende embryonale Mortalität (Mann und Lamming, 2001; Bilodeau-Goeseels und Kastelic, 2003; Diskin und Morris, 2008). Der Grund dafür wird nicht allein in der Selektion auf eine hohe Milchproduktion gesehen, sondern eine multifaktorielle Kombination aus physiologischen, Umwelt- und Managementfaktoren hat Einfluss auf den Reproduktionserfolg (Vanroose et al., 2000; Bech-Sabat, 2010). Ist die Konzeption erfolgt, ist es wesentlich, dass die Trächtigkeit bis zur Geburt bestehen bleibt. Trächtigkeitsverluste bilden einen großen Anteil des ökonomischen Verlustes von milchproduzierenden Betrieben (Ball, 1997; Diskin und Morris, 2008). In den USA wird ein Trächtigkeitsverlust je nach zu erwartender zukünftiger Milchleistung, Alter der Kuh, Laktationsstadium, Gestationsstadium, Gesundheitszustand, Milchpreis und Remontierungskosten mit Kosten von durchschnittlich 278 \$ und 555 \$ (maximal: 1.373 \$) beziffert (De Vries, 2006). Ein erheblicher Anteil dieses ökonomischen Verlustes liegt in der frühen embryonalen Mortalität begründet: Bis zu 80 % aller Trächtigkeitsverluste finden bis zum 16. Tag nach der Besamung statt (Silke et al., 2002; McNeill et al., 2006).

2.2.1 Definition

Beim Rind erstreckt sich die embryonale Phase der Gravidität bis etwa zum 42. Tag und dauert von der Konzeption bis zum Ende der Differenzierungsphase. Die fetale Phase schließt sich an und erstreckt sich bis zur Geburt (Committee on Bovine Reproductive Nomenclature, 1972). Bis zum 60. Tag der Gravidität ist die Implantation abgeschlossen (Curran et al., 1986b) und die Trächtigkeit fest etabliert; es treten nach diesem Zeitraum deutlich weniger Verluste auf (López-Gatius et al., 2004b).

Als embryonale Mortalität wird das Absterben der befruchteten Eizelle oder des Embryos vor Erreichen des Fetalstadiums, das heißt vor dem 42. Tag post conceptionem, bezeichnet. Hanzen et al. (1999) unterscheiden zwischen der frühembryonalen Mortalität von Tag 0 bis etwa Tag 20 p .i. und der spätembryonalen Mortalität vom etwa 20. bis zum 42. - 50. Tag p. i. Als fetale Mortalität bezeichnet man Trächtigkeitsverluste, die ab dem 50. Tag bis zur Geburt des Konzeptus auftreten. Sie sind deutlich seltener als embryonale Verluste (Humblot, 2001).

Ein Großteil der embryonalen Mortalität findet in der Frühphase der Embryonalzeit in einer Phase schnellen Wachstums zwischen Tag 8 und 17 statt (Lamming et al., 1989; Hanzen et al. 1999; Thatcher et al. 2001). Dies umfasst den Übergang von der Morula zur Blastozyste (6. / 7. Tag p. c.), die Phase der maternalen Erkennung des Konzeptus (12. – 16. Tag p. c.) sowie den Beginn der Implantation ab der dritten Woche post conceptionem (Aurich, 1999). In der Praxis tauchen diese sehr frühen Verluste in Kennzahlen wie der Konzeptionsrate auf, da vor dem 20. Tag keine Trächtigkeitsdiagnose möglich ist und vor dem 28. Tag die Trächtigkeitsdiagnose nicht spezifisch und sensitiv genug ist (Bèch-Sabat, 2010). Die Verluste aufgrund von nicht - infektiösen Ursachen in der späten embryonalen/frühen fetalen Phase, also um den 42. – 56. Tag p. i., steigen unter den heutigen intensiven Haltungsbedingungen und bei hochproduzierenden Milchkühen an (Hanzen et al., 1999; Hansen, 2002; Santos et al., 2004a; López-Gatius et al., 2009).

In aller Regel tritt der embryonale Tod ohne typische klinische Symptome des Muttertieres auf. Hinweisend sind Umrindern und unregelmäßig verlängerte Brunstintervalle. Stirbt der Embryo vor dem 14. Tag ab, also vor dem von ihm

generierten IFN- τ -Signal und kommt es zur Regression des Gelbkörpers, so rindert das Tier nach einem regelmäßigen Zyklus um. Die Frucht wird resorbiert oder ausgestoßen (Aurich, 1999). Zum unregelmäßigen Umrindern kommt es, wenn der Embryo nach der maternalen Erkennung der Trächtigkeit abstirbt, wobei zunächst das Fruchtwasser, der Embryo und zuletzt die Fruchthüllen resorbiert werden (Aurich, 1999). Der gesamte Resorptionsprozess kann zwei Monate und länger andauern. Währenddessen ruht der Zyklus (Van Cleeff et al., 1991). Ab der fünften Trächtigkeitswoche kann es bereits zur Teilmumifikation von Frucht und Fruchthüllen kommen, sodass Eihautreste über Wochen bis Monate im Uterus verbleiben. Da es in diesem Zeitraum nicht zur Sekretion von PGF_{2 α} kommt, bleibt der Gelbkörper bestehen und das Tier zeigt keine erneute Brunst (Kassam et al., 1987; Kastelic und Ginther, 1989; Aurich 1999).

Mit den zur Verfügung stehenden Mitteln ist es unter Praxisbedingungen nicht möglich, einen frühen embryonalen Fruchttod nachzuweisen. Da die Mehrzahl der embryonalen Verluste vor der Nachweisbarkeit des Fruchttodes per Ultraschall stattfindet, kann nur indirekt aufgrund von unregelmäßig verlängerten Brunstintervallen (Aurich, 1999) und mittels Progesteronbestimmung in der Herde (Berger, 1990) auf eine frühembryonale Mortalität geschlossen werden. Ab dem 25./28. Tag sind bei der sonographischen Untersuchung des Genitaltrakts des Rindes als Zeichen für den embryonalen Tod die Desintegration der Fruchthüllen, fehlender Herzschlag, retardiertes Wachstum und vermindertes Fruchtwasser anzusehen (Kähn, 1991; Aurich, 1999).

2.2.2 Größenordnung

Es gilt als allgemein anerkannt, dass die Befruchtungsrate bei 90 % liegt (Diskin und Morris, 2008). Die Kalberate liegt allerdings nur bei 40 %. Die zu erwartenden Verluste bei 100 besamten Kühen durch Besamungsmisserfolg, früh- und spätembryonaler Mortalität sind in Abbildung 3 zu sehen.

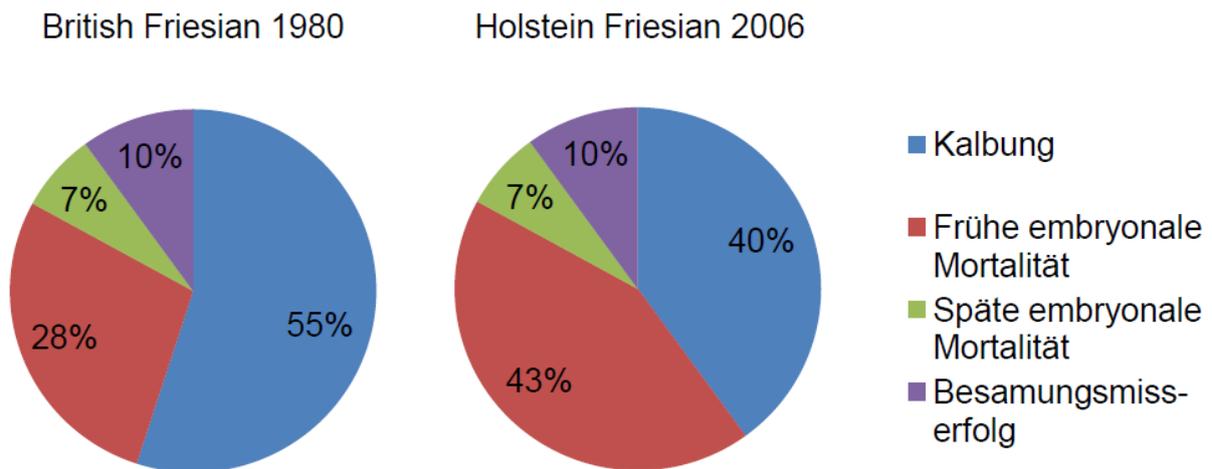


Abbildung 3: Reproduktionsergebnisse von British-Friesians im Jahr 1980 und Holstein-Friesians im Jahr 2006 (nach Diskin et al., 2006).

In den letzten Jahrzehnten untersuchten zahlreiche Arbeitsgruppen das Ausmaß der embryonalen Mortalität beim Milchrind. Humblot (2001) fasste verschiedene Studien zusammen und ermittelte eine frühe embryonale Mortalitätsrate (early embryonic mortality, EEM) von 20,5 bis 43,6 % (im Durchschnitt 31,6 %) und eine späte embryonale Mortalitätsrate (late embryonic mortality, LEM) von 8 bis 17,5 % (im Durchschnitt 14,7 %). Vor allem für die LEM finden sich sehr unterschiedliche Angaben in der Literatur, die von 3,2 % (Silke et al., 2002) zwischen dem 28. und dem 42. Trächtigkeitstag bis zu 42,7 % (Cartmill et al., 2001a) bei Kühen unter Hitzestress reichen. Santos et al. (2004b) errechneten aus verschiedenen Studien eine durchschnittliche späte embryonale Mortalitätsrate von 12,8 % (von 3,2 bis 42,7 %). Die neueren Daten zur embryonalen Mortalität, die mittels Ultraschalltechnik gewonnen wurden, können nach Hanzen et al. (1999) und Lucy (2001) nicht mit historischen Daten verglichen werden. Anstelle des routinemäßigen Einsatzes der Ultraschalltechnik wurden vor den 80er Jahren embryonale Mortalitätsraten aufwendig mittels Uterusspülung, Schlachtung des Muttertieres und nachfolgender Untersuchung des Genitaltraktes oder indirekt anhand von Hormonmessungen oder der Palpation eines Trächtigkeitsgelbkörpers ermittelt (Kassam et al., 1987).

Eine Übersicht über verschiedene Studien, die die Größenordnung der embryonalen Mortalität beim Milchrind untersuchen, ist in Tabelle 5 aufgeführt. Die Größenordnung der embryonalen Verluste beim Fleischrind ist in Tabelle 6 gegeben.

Tabelle 5: Größenordnung der embryonalen und frühfetalen Mortalität beim Milchrind in der Literatur.

(TU = Trächtigkeitsuntersuchung)

Fruchtverluste %	Gestationstag der 1. TU	Gestationstag der 2. TU	Literatur
23,0	35.	60.	Chaffaux et al., 1986
10,5	28.	42.	Vasconcelos et al., 1997
6,3	42.	56.	
19,1	28.	98.	
13,5	28.	56.	Fricke et al., 1998
31,6	0.	24.	Humblot, 2001
14,7	24.	35.	
28,0	28.	38. – 58.	Cartmill et al., 2001b
42,7	27. – 30.	40. – 50.	Cartmill et al., 2001a
3,2	28.	42.	Silke et al., 2002
7,2	28.	84.	
11,4	35.	63.	Starbuck et al., 2004
12,5	31.	45.	Chebel et al., 2004
39,0	23.	27.	Moore et al., 2005
18,0	27. /28.	35. – 41.	
17,0	28. – 32.	56. – 60.	Hernandez et al., 2012

Tabelle 6: Größenordnung der embryonalen Resorption beim Fleischrind nach Beal et al. (1992).

(TU = Trächtigkeitsuntersuchung)

Embryonale Mortalität %	Gestationstag der 1. TU	Gestationstag der 2. TU
6,5	25.	45.
1,5	45.	65.
8,0	25.	65.

2.2.3 Ursachen

Vanroose et al. (2000) sehen die embryonale Mortalität in infektiösen und nicht infektiösen Ursachen begründet. Dabei machen die nicht-infektiösen Einflüsse etwa 70 % der Fälle aus. In der Gruppe der nicht-infektiösen Ursachen für embryonale Mortalität werden Umwelt-, Fütterungs-, Management- und kuhassozierte Faktoren aufgeführt. Diese wirken auf komplexe Weise zusammen und sind im Einzelnen schwer zu diagnostizieren.

2.2.3.1 Genetische Faktoren

In der Literatur findet sich wiederholt die Angabe, dass die Selektion auf hohe Milchleistung unter anderem verantwortlich für die sinkende Reproduktionsleistung von hochleistenden Milchkühen sei. In einer Studie von Snijders et al. (2000) wurde die Entwicklungskompetenz von Oozyten in vitro von Kühen mit hohem und mittlerem Zuchtwert für Milchleistung verglichen. Unabhängig von der tatsächlichen Milchleistung zeigten die Oozyten der Kühe mit hohem Zuchtwert eine schlechtere Entwicklungskompetenz. In einer Untersuchung von Sartori et al. (2002) waren fünf Tage alte Embryonen aus laktierenden Kühen, die 2 - 3 Monate nach dem Kalben besamt worden waren, nicht lebensfähig oder von schlechterer Qualität als Embryonen aus Färsen oder nicht laktierenden Kühen. Leroy et al. (2008c) nehmen an, dass die Selektion auf hohe Milchleistung genetische Nachteile für die

Reproduktionsleistung mit sich bringt. Nach Lucy (2001) existiert ein Zusammenhang zwischen der Selektion auf hohe Milchleistung und niedrigeren Serumprogesteronkonzentrationen als Ursache für die sinkende Reproduktionsleistung von hochleistenden Kühen. Ein Rassevergleich in einer Herde mit Holstein-Friesian (HF) und Schwedischem Rotvieh (SR) hinsichtlich der Wirksamkeit des Ovsynch-Programms ergab Trächtigkeitsverluste zwischen Tag 31 und 62 von 10,1 % für HF-Tiere und 3,5 % für SR-Tiere (Keskin et al., 2011).

Silke et al. (2002) und Diskin et al. (2006) fanden keinen Zusammenhang zwischen (spät)embryonaler Mortalität und dem genetischen Zuchtwert für Milchleistung.

Ein genetisch bedingter Fruchttod kann sowohl vom Muttertier als auch vom Bullen ausgehen. Dabei treten entweder chromosomale Aberrationen (Bruch, Translokation, Inversion, Deletion) auf oder es kommt zur Expression von letalen Genen (Aurich, 1999). Ein Beispiel ist die Defizienz der Uridinmonophosphatsynthetase (DUMPS), mit der eine erhöhte embryonale Sterblichkeit einhergeht. Dieser Erbfehler, der bei Holstein-Friesians vorkommt, ist auf eine Punktmutation zurückzuführen und vererbt sich autosomal rezessiv (Schwenger et al., 1994; Aurich, 1999). Die am genauesten untersuchte chromosomale Abweichung beim Rind ist die bei einigen Fleischrassen und Scandinavian Red vorkommende erbliche 1/29 Robertson'sche Translokation, bei der die nicht homologen Chromosomen 1 und 29 verschmelzen. Töchter von translokationsheterozygoten Bullen weisen aufgrund von embryonaler Mortalität eine um 3 – 6 % verminderte Non-Return Rate auf (Gustavsson, 1979).

Der Einsatz eines bestimmten Bullen wurde bei 2043 untersuchten Trächtigkeiten mit einem 2,1 – 3,4fach höheren Risiko eines Trächtigkeitsverlustes in Verbindung gebracht (López-Gatius et al., 2002; López-Gatius et al., 2004b). Weiterhin traten beim Einsatz des Spermas eines bestimmten Bullen Verlusten von bis zu 39 % (Pegorer et al., 2007) bzw. 44 % (Bulman et al., 1979) bis zum 80. Trächtigkeitstag auf. Eine ähnliche Tendenz fanden Starbuck et al. (2004). López-Gatius et al. (2009) schlagen vor, nach weiterer Forschung bestimmte Bullen von der Zucht auszuschließen, die das Risiko einer erhöhten embryonalen oder fetalen Mortalität vererben. Als Anhaltspunkt dafür könnte die PAG-Konzentration in der Frühgravidität dienen, die im Zusammenhang mit dem individuellen Bullen, der zur Besamung eingesetzt wurde, zu stehen scheint.

In anderen Studien mit insgesamt 2489 untersuchten Trächtigkeiten (García-Ispuerto et al., 2006; López-Gatius et al., 2004b) konnte kein Einfluss des Bullen auf die embryonale Mortalität festgestellt werden.

2.2.3.2 Fütterung und Stoffwechsel

Die negative Energiebilanz (NEB), in der sich hochleistende Kühe in den ersten Wochen unmittelbar post partum befinden, hat weitreichende negative Konsequenzen für Oozyte und Embryo (Leroy et al., 2008 a, b). Nach Boland et al. (2001) ist der Energiestatus des Muttertieres der entscheidende, die Fertilität beeinflussende Faktor.

Die Körperkondition der Kuh beeinflusst die embryonale Überlebensrate. López-Gatius et al. (2002) fanden, dass ein Verlust um eine BCS-Einheit (Skala 1 - 5) zwischen Kalbung und dem 30. Tag post partum die Wahrscheinlichkeit für embryonale Mortalität um das 2,41fache erhöht. Auf ähnliche Ergebnisse kamen Silke et al. (2002): Zwischen dem 28. und 56. Tag der Trächtigkeit erhöht sich die Gefahr der embryonalen Mortalität pro verlorene BCS-Einheit um das 3,2fache. Hier hatten Kühe, die an Körperkondition verloren, eine embryonale Mortalitätsrate von 11,6 %, verglichen mit Kühen, deren Körperkondition gleich blieb (4,7 %) oder stieg (5,7 %). Obwohl hinreichend bekannt ist, dass die frühe embryonale Entwicklung durch die Ernährung und den Stoffwechselstatus des Muttertieres beeinflusst wird, sind die genauen Mechanismen komplex und bisher nicht genauer erforscht (Boland et al., 2001). Die Zusammensetzung und der Energiegehalt der Fütterung haben metabolische und endokrine Veränderungen im Organismus zur Folge (Leroy et al., 2008c). Eine energie- und/oder rohproteinreiche Fütterung verändert das Milieu in Eileiter und Uterus zu Ungunsten der Embryoentwicklung (Leroy et al., 2008 a, b). Insbesondere hohe Harnstoffgehalte werden mit einer embryotoxischen Wirkung in Verbindung gebracht (McEvoy et al., 2001). Eine kurzfristige Reduzierung des Energiegehaltes der Fütterung im Zeitraum der Besamung hat negative Folgen für das embryonale Überleben (Dunne et al., 1999), ebenso eine hochenergetische Fütterung im besamungsnahen Zeitraum (Boland et al., 2000). Die Körperkondition wird neben der Futteraufnahme und -qualität durch verschiedenste Faktoren beeinflusst, unter anderem durch die Milchleistung (Humblot, 2001; Schröder und Staufenbiel, 2003) und Krankheiten wie z. B. Mastitis, deren kombinierter Effekt mit

einem niedrigen BCS in einer Arbeit von Hernandez et al. (2012) untersucht wird. Diese Autoren nehmen an, dass eine Mastitis 10 - 50 Tage p. p. den Zeitraum der negativen Energiebilanz verlängert und zu Körperkonditionsverlusten mit allen negativen Effekten auf die Fruchtbarkeit in der frühen Laktation führt.

Auch die Versorgung mit Mengen- und Spurenelementen ist für das Überleben der Frucht von elementarer Bedeutung (Busch und Zerobin, 2009). Eine Übersicht über die Fütterungsfaktoren, die Konzeption und embryonalen Fruchttod beeinflussen, befindet sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Einfluss von Fütterungsfaktoren auf Konzeption und embryonalen Fruchttod beim Rind nach Busch und Zerobin (2009).

Zeichenerklärung: (+ Zusammenhang nachgewiesen, + (?) empirisch nachgewiesen, experimentell aber noch nicht eindeutig geklärt, ohne Zeichen: keine Informationen, ↓ Unterversorgung, ↑ Überversorgung)

Faktor	Einfluss
Energie ↓	+
Energie nach Konzeption ↓	+
Protein bzw. Aminosäuren ↓	
Protein ↑	+
Jod ↓	+ (?)
Mangan ↓	+
Kupfer ↓	+ (?)
Vitamin A ↓	+
Phytoöstrogene, Zearalenon ↑	+
Nitrat ↑	+
strumigene Substanzen ↑	+
B- Vitamine ↓	

2.2.3.3 Toxine

Die frühe embryonale Entwicklung reagiert empfindlich auf Giftstoffe, die über das Futter in den mütterlichen Organismus gelangen. Die Auswirkungen reichen je nach Toxin, Konzentration, Zeitpunkt und Dauer der Einwirkung von Störungen der Entwicklung bis hin zum embryonalen Tod. Zu den Stoffen, deren embryotoxische Wirkung bei Wiederkäuern nachgewiesen ist, zählen zum Beispiel Steroidalkaloide aus *Veratrum californicum*, Lupinen und Tabakpflanzen, Gossypol aus Baumwollsaat, sowie östrogenisierende Pflanzeninhaltsstoffe aus Leguminosen, struminogene Inhaltsstoffe in Raps und Kohl sowie Mutterkornalkaloide und Mykotoxine, vor allem Zearalenon. Auch ein hoher Harnstoffgehalt im Körper des Muttertieres durch rohproteinreiche Fütterung kann embryotoxische Wirkungen haben (McEvoy et al., 2001). In einer Studie von Santos et al. (2003) zeigten Kühe mit einer Plasmakonzentration von Gossypol von $> 5 \mu\text{g/ml}$ reduzierte Konzeptionsraten sowie eine schlechtere Embryoqualität und embryonale Entwicklung. Auch Schadstoffe wie Schwermetalle und polychlorierte Biphenyle (PCBs) beeinflussen die Fertilität und das frühe embryonale Überleben negativ (Rhind, 2008). Medikamente wie die (versehentliche) Administration von Prostaglandinen während der Trächtigkeit induzieren einen embryonalen oder fetalen Tod. Die Wirkung besteht zwischen dem 10. und dem 150. Trächtigkeitstag (Hanzen et al., 1999).

2.2.3.4 Krankheiten

Viele Arbeiten untersuchen die Einflüsse, welche Entzündungen und Krankheiten sowohl innerhalb als auch außerhalb des Reproduktionstraktes auf die Frühgravidität ausüben. Kühe mit einer klinischen oder subklinischen Mastitis haben ein erhöhtes Risiko für eine embryonale Mortalität (Schrick et al., 2001; Santos et al., 2004a; Chebel et al., 2004). Eine klinische Mastitis im postpartalen oder frühgraviden Zeitraum führt zu niedrigeren Konzeptionsraten und häufigeren fetalen Verlusten (Santos et al., 2004a). Nach Chebel et al. (2004) steigt das Risiko eines embryonalen Todes zwischen dem 31. und 45. Tag der Trächtigkeit mit einer klinischen Mastitis in den ersten 45 Tagen p. i. um das 2,8fache an. Das erstmalige Auftreten einer klinischen Mastitis im besamungsnahen Zeitraum hat, verglichen mit dem erstmaligen Auftreten einer Mastitis zu anderen Zeitpunkten, das höchste Risiko von

schädigenden Wirkungen auf die Reproduktionsleistung wie niedrige Konzeptionsraten und embryonale Mortalität (Barker et al., 1998; Chebel et al., 2004; Santos et al., 2004a). Eine subklinische Mastitis in der frühen Laktation erhöht das Risiko der embryonalen Mortalität; am negativsten wirkt sich eine subklinische Mastitis, die sich zu einer klinischen Mastitis entwickelt, aus (Schrick et al., 2001). Nach Moore et al. (2005) ist auch eine hohe somatische Zellzahl mit erhöhten Trächtigkeitsverlusten assoziiert. In einer Studie von Hernandez et al. (2012) werden die kombinierten Effekte eines niedrigen BCS ($\leq 2,75$) 70 Tage p. p. und das Vorkommen einer Mastitis von der Kalbung bis 70 Tage p. p. analysiert. In einer der drei untersuchten Herden hatten Kühe, die von beiden Faktoren betroffen waren, ein 2,03 fach höheres Risiko eines Trächtigkeitsverlustes zwischen dem 28. und dem 60. Tag p. i.. Ein alleiniger negativer Effekt einer Mastitis in den ersten 70 Tagen p. p. konnte nicht nachgewiesen werden.

Der Zusammenhang zwischen einer entzündlichen Reaktion des Körpers und dem embryonalen Tod liegt nach Hansen et al. (2004) in einer Aktivierung der Zytokinproduktion innerhalb des entzündeten Gewebes. Bestimmte Zytokine, zum Beispiel TNF- α , wirken direkt inhibitorisch auf die Oozytenfunktion und induzieren Apoptose und Entwicklungsstörungen in Embryonen. Andere Moleküle, wie Prostaglandin F_{2 α} und Stickstoffmonoxid (NO), die über Immunantworten von verschiedenen Geweben ausgeschüttet werden, können eine prämatüre Luteolyse auslösen und Veränderungen in der LH- und FSH-Sekretion bewirken (Schrick et al., 2001). Zusätzlich kann durch Entzündungsprodukte direkt die Oozytenreifung gehemmt und über die Hemmung der Progesteronproduktion durch den C. I. indirekt die embryonale Entwicklung gestört werden (Hansen et al., 2004). Eine weitere Folge der Zytokinproduktion ist die Hyperthermie, die sich ihrerseits nachteilig auf die Oozyten- und Embryoentwicklung auswirkt.

Eine Übersicht über die pathophysiologischen Mechanismen, die beim Zusammenspiel einer Entzündung im Körper und dem embryonalen Überleben eine Rolle spielen, ist in Abbildung 4 gegeben.

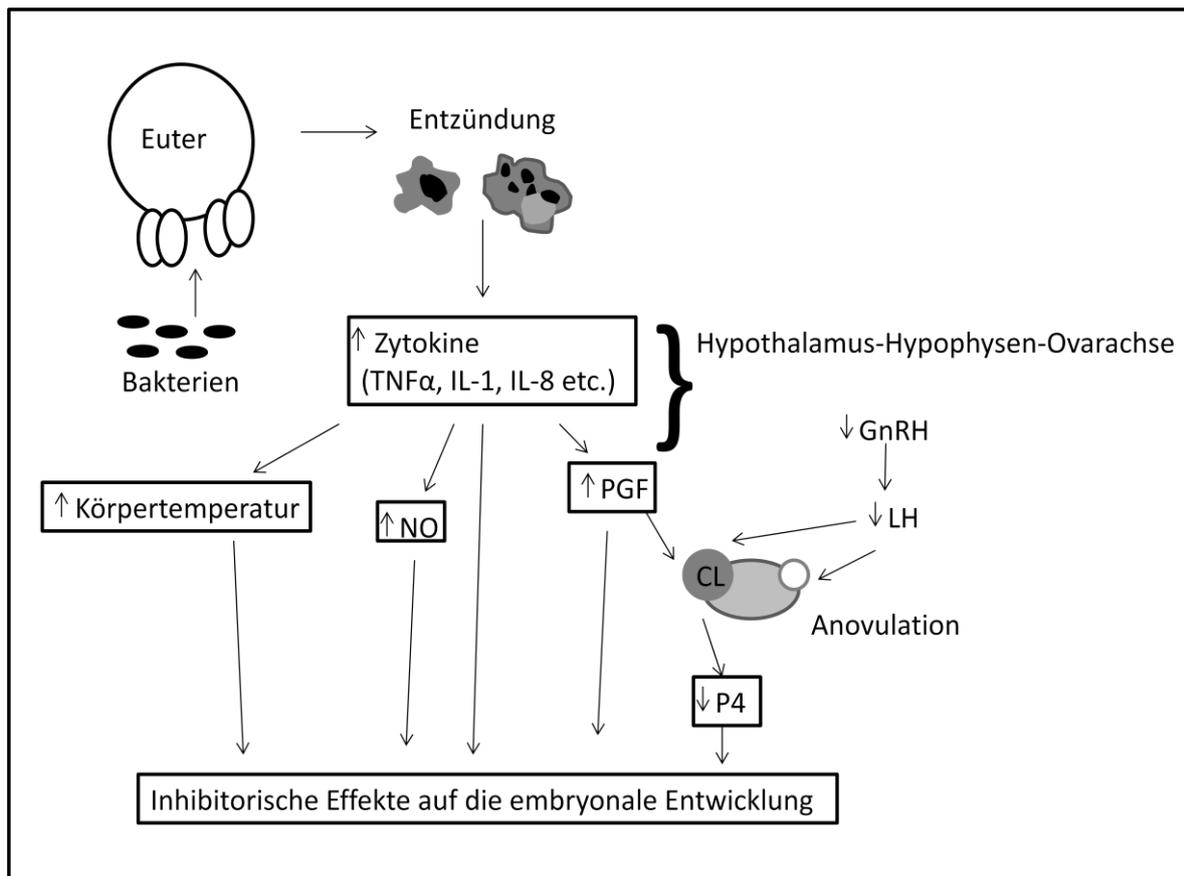


Abbildung 4: Möglicher Übertragungsweg von Entzündungsprodukten einer Mastitis mit Auswirkungen auf das embryonale Überleben (nach Hansen et al., 2004).

(TNF - α = Tumornekrosefaktor α , IL - 1 = Interleukin - 1, IL - 8 = Interleukin - 8, PGF = Prostaglandin F, CL = Corpus luteum, GnRH = Gonadotropin Releasing Hormone, LH = luteotropes Hormon, P4 = Progesteron)

Kühe mit postpartalen Komplikationen wie Nachgeburtsverhaltung und Pyometra haben ein 1,8 bzw. 2,6fach erhöhtes Risiko eines fetalen Verlustes unabhängig von der Länge der Gützeit, womit ein Langzeiteffekt von postpartalen Komplikationen als bewiesen gilt (López-Gatius et al., 1996).

2.2.3.5 Hitzestress

Hohe Umgebungstemperaturen haben nachteilige Auswirkungen auf die Reproduktionsleistung von hochleistenden Kühen (Hansen und Aréchiga, 1999), wobei die Fertilität reduziert ist (García-Ispuerto et al., 2007; Labèrnia et al., 1998; López-Gatius, 2003; López-Gatius und Hunter, 2005) und frühe Trächtigkeitsverluste auftreten (López-Gatius et al., 2002; García-Ispuerto et al., 2007). Hitzestress wird

charakterisiert als mindestens einen Tag mit maximalen Temperaturen über 29 °C, wobei die negativen Effekte auch von der Luftfeuchtigkeit abhängig sind (Chebel et al., 2004). Laktierende Milchkühe sind aufgrund einer hohen metabolischen Wärmeproduktion, die mit der Milchproduktion einhergeht, weniger resistent gegen Hitze als Färsen (Drost et al., 1999). Es gibt Hinweise betreffend besserer Reproduktionsergebnisse im Winter als im Sommer darauf, dass die Rasse Holstein - Friesian im Hinblick auf die Erhaltung einer Trächtigkeit empfindlicher auf Hitzestress reagiert als andere Rassen, z. B. Swedish Red Cows (Keskin et al., 2011).

Negative Auswirkungen von hohen Umgebungstemperaturen sind Störungen der Steroidhormonsynthese, Einschränkungen in der Lebensfähigkeit der Oozyten, reduzierte Oozytenqualität (Hansen et al., 2002), verminderte Konzeptionsraten und reduzierte Entwicklung des frühen Embryos durch Hyperthermie des Organismus (Sartori et al., 2002; Chebel et al., 2004). Dabei sind eindeutig Langzeiteffekte feststellbar: Hitzestress, der 20 - 50 Tage vor der Besamung auftrat, wirkte sich in drastisch reduzierten Konzeptionsraten aus (Chebel et al., 2004). Den negativen Effekten von Hitzestress liegen unterschiedliche Mechanismen zugrunde: Durch die erhöhte Körpertemperatur werden zelluläre Funktionen beeinträchtigt, sodass die Entwicklungsfähigkeit der Embryonen eingeschränkt ist (Ealy et al., 1995; Edwards und Hansen, 1997). Ferner findet durch physiologische Adaptationsmechanismen auf die hohen Umgebungstemperaturen eine Umverteilung des Blutes in die Peripherie statt, was eine verminderte Perfusion der Plazenta nach sich zieht (Alexander et al., 1987).

In einer Studie von Biggers et al. (1987) zeigte sich, dass das Gewicht der am 17. Tag p. i. gewonnenen Konzepte nach Einwirkung von Hitzestress auf das Muttertier weniger als halb so groß war wie das von Konzepten aus der Kontrollgruppe. Als mögliche Ursache kommt hiernach eine erhöhte Metabolismusrate des Konzeptus bei Hitze in Frage, die Veränderungen im Stoffwechsel und im Wachstum nach sich zieht. Gleichzeitig könnte die uterine Sekretion von Nährstoffen verändert sein, wodurch sich ungünstige Wachstumsbedingungen für den Konzeptus ergeben. Ein retardierter Embryo erreicht nicht früh genug die biochemischen Kapazitäten, um dem Muttertier adäquat seine Anwesenheit zu signalisieren.

Hitzestress kann zusätzlich die Degeneration von Theka- und Granulosazellen induzieren, sodass es zu Einschränkungen in der Steroidhormonsynthese kommt (Chebel et al., 2004). Dies hat direkte Auswirkungen auf die Entwicklung und Überlebensfähigkeit des frühen Embryos. Eine sehr hohe embryonale Mortalitätsrate von 54 % wurde in der warmen Jahreszeit bei Zwillingsgraviditäten festgestellt (López-Gatius et al., 2004b). Während in einer Studie eine extrem hohe embryonale Mortalität von 60,5 % zwischen dem 27. – 30. Tag und dem 40. – 50. Tag p. i. unter Hitzestress festgestellt wurde (Cartmill et al., 2001 b), konnte eine andere Studie zwar keine Korrelation zwischen embryonaler Mortalität und hohen Umgebungstemperaturen, allerdings mit den Konzeptionsraten, feststellen (Chebel et al., 2004).

Eine wichtige Rolle scheint der Zeitpunkt des Hitzestresses zu spielen (Hansen et al., 2007). Embryonen, die in sehr frühen Entwicklungsstadien Hitzestress ausgesetzt werden, reagieren deutlich empfindlicher und sterben häufiger ab als Embryonen, die ab einem Alter von 5 Tagen unter dem Einfluss von Hitzestress stehen (Drost et al., 1999). Ealy et al. (1993) setzten superovulierte und besamte Kühe jeweils am 1., 3., 5. oder 7. Tag p. i. Hitzestress aus, gewannen am 8. Tag die Embryonen und untersuchten sie nach Lebensfähigkeit und Entwicklungsstadium. Dabei konnte festgestellt werden, dass Embryonen, die am 1. Tag p. i. Hitze ausgesetzt waren, schlechter lebensfähig und weniger gut entwickelt waren. Demnach entwickeln Embryonen ab dem 3. Tag p. i. eine belastbare Resistenz gegen Hitzestress. Auch ein 10-stündiger Hitzestress bei Einsetzen der Brunst führte zwar zu befruchtungsfähigen Oozyten, von den daraus entstandenen Embryonen wurden aber am 7. Tag nur 12 % als normal entwickelt klassifiziert (Putney et al., 1989). Danach reagiert die bovine Oozyte schon vor der Ovulation sehr empfindlich und mit weitreichenden Folgen für den entstehenden Konzeptus auf thermischen Stress. Zur Vermeidung der nachteiligen Effekte von Hitzestress hat sich in betroffenen Regionen der Transfer von Embryonen aus nicht hitzestressenden Muttertieren am 7. Tag p. i. nach der sensiblen Periode erwiesen (Putney et al., 1989; Hansen und Aréchiga, 1999; Rutledge 2001). Eine weitere Strategie, um die embryonale Mortalität während der Sommermonate zu senken, ist das Kühlen der Kühe durch Ventilatoren, Schatten und Beregnung (Thatcher et al., 1974; Hansen und Aréchiga, 1999; García-Ispierto et al., 2006).

2.2.3.6 Hormonelle Imbalancen

Progesteron (P_4) spielt eine Schlüsselrolle bei der Etablierung und Erhaltung der Trächtigkeit (Inskeep, 2004; Spencer et al., 2004). Sowohl im Zyklus vor (Meisterling et al., 1987; Diskin et al., 2006) als auch nach der Insemination (Lamming et al., 1989; Hommeida et al. 2004; McNeill et al., 2006) führen niedrige systemische P_4 -Konzentrationen zu negativen Effekten während der Frühgravidität. Folglich kann durch P_4 -Supplementierung die Entwicklung des Embryos verbessert (Garrett et al., 1988) und die Trächtigkeitsrate gesteigert werden (Mann und Lamming, 2001).

Es besteht ein direkter linearer Zusammenhang zwischen der P_4 -Konzentration am Tag der medikamentell herbeigeführten Luteolyse des Zyklus vor der Insemination und der nachfolgenden embryonalen Überlebensrate (Diskin et al., 2006). Von entscheidender Bedeutung ist auch die systemische P_4 -Konzentration nach der Besamung, die direkten Einfluss auf die embryonale Überlebensfähigkeit nimmt (Diskin et al., 2006). Starbuck et al. (2004) fanden, dass die Plasma- P_4 -Konzentration in der fünften Trächtigungswoche und die Erhaltung der Trächtigkeit positiv korreliert sind. P_4 beeinflusst direkt Wachstum und Entwicklung des Embryos (Garrett et al., 1988) und ist positiv korreliert mit der Sekretion von Interferon-tau ($IFN-\tau$) aus den Trophoblastzellen (Kerbler et al., 1997). Nach P_4 -Supplementierung waren Embryonen, die aus Kühen mit hohen systemischen P_4 -Konzentrationen stammten, weiter entwickelt und produzierten eine größere Menge $IFN-\tau$ als Embryonen aus Kühen mit niedrigen P_4 -Konzentrationen (Mann und Lamming, 2001). Es ist erwiesen, dass hohe P_4 -Konzentrationen auch schon vor dem $IFN-\tau$ -Signal, ab dem 5. Tag post inseminationem, zur Etablierung der Trächtigkeit und für das Überleben des Embryos von großer Bedeutung sind (Green et al., 2005). Veränderte P_4 -Konzentrationen führen zu einer Asynchronizität zwischen Embryo und Endometrium, die letztendlich zum Absterben des Embryos führen kann (Mann und Lamming, 2001; Green et al., 2005). P_4 nimmt über die Modulation der endometrialen Sekretion von Proteinen und Wachstumsfaktoren Einfluss auf das uterine Milieu, das der Embryo zum Wachstum und zur Entwicklung sowie später zur Implantation und Plazentation benötigt (Spencer et al., 2004). Schon während der ersten Woche post ovulationem kommt es durch P_4 zur Regulation der mRNA-Expression wichtiger endometrialer Rezeptoren und Proteine (McNeill et al., 2006).

Die Bedeutung der endometrialen Proteine besteht sowohl in der Ernährung des Embryos (Trophoblastproteine) als auch in der embryo-maternalen Kommunikation und somit der Erhaltung der Trächtigkeit (Thatcher et al., 1989).

Die Ursache für suboptimale systemische P_4 -Konzentrationen und damit erhöhte embryonale Verluste in der Frühträchtigkeit wird in einem erhöhten Steroidmetabolismus und damit P_4 -Verbrauch und/oder einer zu niedrigen P_4 -Sekretion durch den C. I. gesehen. Nach verschiedenen Studien (Sangsritavong et al., 2002; Vasconcelos et al., 2003) entsteht ein erhöhter P_4 -Verbrauch bei hochleistenden Kühen, die eine höhere Trockenmasseaufnahme haben und damit eine hohe Blutflussrate in den Digestionstrakt und die Leber, wodurch der Steroidmetabolismus gesteigert wird. Es wurde eine negative Korrelation zwischen hoher Milchleistung und der Plasma- P_4 -Konzentration zu Beginn der fetalen Periode beobachtet (Bech-Sàbat et al., 2008; Rhinehart et al., 2009); der Verbrauch von P_4 scheint einen größeren Einfluss auf die systemische P_4 -Konzentration zu haben als die luteale Sekretion (Rhinehart et al., 2009).

Dagegen fanden Green et al. (2005) als Ursache für suboptimale P_4 -Konzentrationen eine geringere Produktion von P_4 durch den C. I., also eine inadäquate Funktion des Gelbkörpers. Die Ursachen für eine niedrigere luteale P_4 -Sekretion liegen hauptsächlich in einer verminderten Größe des C. I., die aus kleineren präovulatorischen Follikeln entstehen (Kastelic et al., 1990; Rajamahendran et al., 1990) und/oder einer reduzierten Durchblutung des Follikels und des nachfolgenden C. I. (Siddiqui et al., 2008; Siddiqui et al., 2009).

Um einer zu niedrigen P_4 -Konzentration in der frühen Gravidität therapeutisch zu begegnen, verabreichten Mann und Lamming (1999) Progesteron vor dem 6. Tag p. i., was zu einer Zunahme von 10 % in der Trächtigkeitsrate führte. Nach dem 6. Tag verabreichtes P_4 hatte keine positiven Effekte. Ebenfalls einen positiven Effekt auf die Erhaltung der Trächtigkeit durch die intravaginale Verabreichung von P_4 für 28 Tage ab dem Zeitpunkt der Trächtigkeitsdiagnose zwischen dem 36. und dem 42. Trächtigkeitstag fanden López-Gatius et al. (2004a); auf ähnliche Ergebnisse kamen Bech-Sàbat et al. (2009). In anderen Studien brachten intravaginale progesteronfreisetzende Spiralen unterschiedliche Ergebnisse für die Erhaltung der

Trächtigkeit, aber immer einen Anstieg des Serum- oder Milch-P₄-Spiegels (Van Cleeff et al., 1991; Van Cleeff et al., 1996).

Kühe mit zusätzlichen Gelbkörpern, also einer höheren Anzahl von Gelbkörpern als Embryonen, haben eine höhere Plasma-P₄-Konzentration und besitzen ein geringeres Risiko des Trächtigkeitsverlustes als Kühe mit nur einem Gelbkörper: Von 363 Kühen mit zusätzlichem Gelbkörper verloren lediglich 1,7 % den Konzeptus, während von 3943 Kühen ohne zusätzlichen Gelbkörper 9,9 % einen Trächtigkeitsverlust erfuhren (López-Gatius et al., 2002; López-Gatius et al., 2004b; Bech-Sabat et al., 2008; García-Ispierto et al., 2006; López-Gatius und Hunter, 2005; López-Gatius et al., 2005; López-Gatius et al., 2006).

2.2.3.7 Zwillingsgraviditäten

Zwillingsgraviditäten führen deutlich häufiger zur embryonalen Mortalität als Einlingsgraviditäten (López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2006; Romano et al., 2007; Silva-del-Rio et al., 2009). In einer zusammenfassenden Auswertung von fünf Studien mit 4018 Trächtigkeiten (López-Gatius et al., 2004b; García-Ispierto et al., 2006; López-Gatius und Hunter, 2005; López-Gatius et al., 2005) war die Wahrscheinlichkeit eines Trächtigkeitsverlustes für Kühe, die mit Zwillingen tragend waren, mindestens 3,1 mal höher als bei Kühen, die nur einen Embryo trugen, nämlich 7 % bei Kühen mit Einlingsgraviditäten verglichen mit 24,5 % bei Kühen mit Zwillingen. Kühe mit mehreren Laktationen haben ein deutlich höheres Risiko, mit Zwillingen tragend zu werden als Färsen und junge Kühe (Kinsel et al., 1998). Hochleistende Kühe zeigen eine Doppelovulationsrate von über 20 % (Fricke und Wiltbank, 1999) und Kühe ab der dritten Laktation von über 25 % (López-Gatius et al., 2005). In der Milchkuhpopulation steigt die Anzahl der Zwillingsgraviditäten an (Kinsel et al., 1998) und beträgt 1,4 - 5,8 % mit maximalen Werten von 9,6 % (Kinsel et al., 1998; Fricke und Wiltbank, 1999). Die steigende Anzahl von Zwillingsgeburten geht mit der genetischen Selektion auf hohe Milchleistung einher und ist erblich (Johanson et al., 2001). Die steigende Zwillingsgeburtenrate wird außerdem auf eine sehr gute Fütterung und Haltung zurückgeführt (López-Gatius et al., 2009). Einer der Gründe für eine höhere embryonale Mortalitätsrate bei Zwillingssträchtigkeiten könnte nach Romano et al. (2007) die Konkurrenz der Konzepti um Nährstoffe und/oder

Platz sein. Vanroose et al. (2000) sehen einen Platzmangel im Uterus als Hauptgrund für den Verlust von Zwillingsgraviditäten beim Rind an.

2.2.3.8 Parität und Alter

In verschiedenen Studien wurde die embryonale Mortalität bei laktierenden Kühen und nicht laktierenden Färsen verglichen. Romano et al. (2007) fanden eine fast doppelt so hohe embryonale Mortalitätsrate bei Kühen verglichen mit Färsen. Die Trächtigkeitsverluste bei Kühen betragen 10,7 % (Datenauswertung von 10 Studien), während Färsen Verluste von 4,2 % erreichten (Auswertung von fünf Studien, Santos et al. 2004b). Nach Labèrnia et al. (1996) und López-Gatius et al. (2004c) war die embryonale Mortalität bei 1801 Färsen 2,6 %, verglichen mit 9,0 % bei 5184 Kühen. Demnach haben Kühe ein 3,6 – 3,7fach höheres Risiko von Trächtigkeitsverlusten bis zum Erreichen des fetalen Stadiums als Färsen. Moore et al. (2005) konnten im Gegensatz zu Humblot (2001) keinen Zusammenhang zwischen Parität und embryonaler / frühfetaler Mortalität feststellen.

2.2.3.9 Besamung von tragenden Tieren, Anzahl der Besamungen

In verschiedenen Studien wurde das Risiko analysiert, eine nicht erkannte Trächtigkeit durch eine Nachbesamung zu gefährden. In Untersuchungen von Sturman et al. (1980; 2000) kam es durch intrauterine bzw. intrazervikale Besamungen bereits trächtiger Kühe zu einer induzierten embryonalen Mortalitätsrate von 49 % bzw. 17 %. Moore et al. (2005) erhoben das Risiko der besamungsinduzierten embryonalen Mortalität in Abhängigkeit zum frühen Gestationsstadium. Hier war das Risiko der embryonalen Mortalität für Kühe, die zwischen dem 23. und 27. Tag p. i. nachbesamt wurden, 2,1 mal so hoch wie für die nicht besamte Kontrollgruppe und zwischen dem 28. und 41. Tag besamte Kühe hatten sogar ein 3,7 mal höheres Risiko der embryonalen Mortalität. Der Ort der Deposition der Besamungsportion (intrauterin oder intrazervikal) wird nicht genannt.

Nach Vaillancourt et al. (1979) haben Kühe, die mehr als drei Mal erfolglos besamt worden sind (repeat breeder), ein 4fach höheres Risiko für eine embryonale Mortalität als Kühe mit weniger Besamungen (20,3 % verglichen mit 5,2 %).

2.2.3.10 Infektiöse Ursachen

Neben den nicht infektiösen Faktoren, die etwa 70 % der Ursachen für embryonale Mortalität bedingen (Vanroose et al., 2000), existiert eine Vielzahl von infektiösen Mikroorganismen, die die embryonale Entwicklung unterbrechen können. Das Absterben des Embryos ist hierbei direkt durch das Einwirken des Mikroorganismus oder seiner Toxine bedingt oder indirekt durch eine Plazentitis (Givens und Marley, 2008). Zusätzlich gehen Infektionen in den meisten Fällen mit Fieber des Muttertieres einher, das eine Denaturierung embryonaler Proteine und ein Ansteigen der Prostaglandinsekretion bewirkt, wodurch es zur Luteolyse und Absterben des Embryos kommen kann (Vanroose et al., 2000). Für den frühen Embryo sind Viren die gefährlichsten Pathogene (Vanroose et al., 2000). In Tabelle 8 wird ein Überblick über die infektiösen Ursachen embryonaler Mortalität beim Rind gegeben.

Tabelle 8: Übersicht über infektiöse Ursachen embryonaler Mortalität nach Angaben in der Literatur (Vanroose et al., 2000; BonDurant et al., 2007; Givens und Marley, 2008).

Erreger	Übertragung	Zeitpunkt des Fruchttodes
Bakterien		
Campylobacter fetus ssp. venerealis	venerisch; Kontakt mit Instrumenten, Einstreu, anderen infizierten Tieren	frühe embryonale Mortalität, Abort zwischen 4. und 7. Gestationsmonat
Coxiella burnetii	Zecken als Vektoren oder direkt von Tier zu Tier	Aborte; zu früh, lebensschwach oder tot geborene Kälber, selten embryonaler Tod
Histophilus somnus	Kontakt mit infiziertem Material	selten: Aborterreger, Fruchtbarkeitsstörungen
Leptospira spp.	Kontakt mit infiziertem Harn, Milch, Fruchtwasser, transplazentar, venerisch	Fruchtbarkeitsstörungen, Aborte ab 4. Monat, Totgeburten, Geburt lebensschwacher Kälber
Ureaplasma diversum, Mycoplasma spp.	Direkter Kontakt, Kontakt mit kontaminiertem Material, venerisch	U. diversum: Fruchtbarkeitsstörungen (embryonale Mortalität) M. bovigenitalium: Fruchtbarkeitsstörungen (embryonale Mortalität), Endometritis

Sonstige Bakterien: Trueperella pyogenes, Bacillus spp., Chlamydia spp., E.coli, Pasteurella spp., Pseudomonas spp., Salmonella spp., Staphylococcus spp., Streptococcus spp., Vibrio spp.		meist Spätaborte, selten embryonaler Tod
Viren		
Bovines Herpesvirus 1	Kontakt mit Schleimhäuten des oberen Respirations- traktes, des Auges, des Urogenitaltraktes, mit abortierten Feten, venerisch	Aborte zwischen 4. und 8. Trächtigenmonat, meist mit respiratorischer Form assoziiert; früher embryonaler Tod kann auftreten Hinweisend: verkürzte Zyklen von etwa 12 Tagen Dauer
Bovines virales Diarrhoevirus	transplazentar, Inhalation oder Ingestion von konta- miniertem Material	Infektion bis 45. Trächtigkeitstag: verminderte Fertilität, e. M.
Bluetongue Virus	Culicoides ssp. (Gnitzen)	Infektion während der ersten 100 Trächtigkeitstage: Resorption oder Abort
Protozoen		
Tritrichomonas foetus	venerisch	frühe embryonale Mortalität, Infertilität, Aborte in erster Trächtigkeitshälfte; Bullen als permanente Carrier
Neospora caninum	per os mit sporulierten Oozysten	Aborte im zweiten Drittel der Trächtigkeit, Fruchtbarkeitsstörungen

3 Tiere, Material und Methoden

Es wurden 463 Kühe und 54 Färsen aus fünf landwirtschaftlichen Betrieben eines Praxisgebietes in Schleswig-Holstein in die Untersuchung eingeschlossen. Insgesamt wurden 520 Trächtigkeiten untersucht; drei Kühe wurden nach einer embryonalen Mortalität erneut tragend und wieder in die Untersuchung eingeschlossen. Die Betriebe wurden im Zeitraum Januar bis Dezember 2011 wöchentlich oder 2-wöchentlich besucht. Die Tiere gehören zu einem großen Teil (76 %) der Rasse Holstein-Friesian an und zu einem geringeren Teil (24 %) der Rasse Deutsche Rotbunte und deren Kreuzungen.

Die Untersuchungen verfolgten das Ziel, eine Trächtigkeitsverlustrate für den Zeitraum zwischen dem Zeitpunkt einer frühen Trächtigkeitsuntersuchung (TU) am 28. – 35. Tag post inseminationem (p. i.) und dem Zeitpunkt einer TU um den 45. Tag zu ermitteln. Mit der Untersuchung sollte mit Hilfe der ermittelten Resorptionsrate die Sicherheit einer frühen einmaligen TU (Zeitpunkt 28. – 35. Tag p. i.) festgestellt werden. Zudem sollten mögliche Zusammenhänge zwischen embryonaler Mortalität und verschiedenen Faktoren wie Kondition der Kuh, Auftreten von Krankheiten, Haltung und Management untersucht werden.

3.1 Material

3.1.1 Betriebe

Alle fünf Betriebe sind reine Milchviehbetriebe und füttern eine Total-Misch-Ration (TMR) mit zum Teil transpondergesteuerter Krafffutterzugabe. Relevante Betriebsdaten sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Kenndaten der Betriebe, in denen die Trächtigkeitsuntersuchungen durchgeführt wurden, Stand Januar 2011.

(\emptyset = durchschnittlich, BHV1 = bovines Herpesvirus 1, BVD = Bovine Virusdiarrhoe, SIA = Status, impft alle, FIA = frei, impft alle, FIN = frei, impft nicht, unv. = unverdächtig)

Betrieb	1	2	3	4	5
Anzahl Kühe	145	250	86	401	224
\emptyset Milchleistung (kg) im Jahr 2010	9672	8254	7977	8973	9431
ZZ / ml (Tank)	157000	281000	220000	283000	258000
Güstzeit Tage (freiwillige Wartezeit Tage)	97 (60)	101 (60)	95 (60)	118 (60)	98 (60)
BHV 1-Status	FIN	FIA	SIA	FIA	SIA
BVD-Status	unv.	unv.	unv.	unv.	unv.
Haltung	Laufstall	Laufstall	Laufstall	Laufstall	Laufstall

3.1.2 Einschlusskriterien der Tiere

Färsen und Kühe, deren Daten in die Untersuchung eingingen, mussten folgenden Kriterien entsprechen:

- Besamung, kein Einsatz eines Deckbullens, bekanntes Besamungsdatum
- positive TU 1 mittels Ultraschall zwischen 28. und 35. Tag p. i.
- 2. TU mittels Ultraschall zwischen 42. und 49. Tag p. i.
- Vorliegen von Informationen zu Alter, Anzahl der Laktationen, letztem Geburtsverlauf, Güstzeit, Hormonbehandlungen, Milchleistung, Vorerkrankungen und Erkrankungen zum Zeitpunkt der Besamung und zwischen den beiden

Trächtigkeitsuntersuchungen, Rückenfettdicke zum Zeitpunkt der beiden Trächtigkeitsuntersuchungen, Geburtsdatum des bei der Trächtigkeitsuntersuchung festgestellten Konzeptus.

3.1.3 Insemination

In vier Betrieben wird die Besamung durch Besamungstechniker der Rinderzucht Schleswig-Holstein (RSH) durchgeführt. In Betrieb 3 nimmt der Landwirt als Eigenbestandsbesamer die Besamungen selbst vor.

3.1.4 Ultraschallgerät

Für die Trächtigkeitsuntersuchungen und die Messung der Rückenfettdicke wird das tragbare Ultraschallgerät Easi-Scan™ mit einem Linearschallkopf mit einer einstellbaren Frequenz von 4.5 bis 8.5 MHz von der Firma BCF Technology Ltd, Livingston, Schottland, verwendet.

Das Gerät misst 22 x 15 x 7 cm, wiegt 2 kg und wird mit einem aufladbaren Akku (5V) betrieben, dessen Laufzeit 3,5 Stunden beträgt. Die Ladezeit des Akkus beträgt 5 Stunden. Während der Messungen wird das Gerät in einer Tasche um die Hüfte des Untersuchers getragen. Es verfügt über eine Speicherfunktion der aufgenommenen Bilder (Speicherung im bitmap-Format), die mit der Identifizierung des Tieres versehen und per USB-Anschluss auf einen PC übertragen werden können. Statt mit einem Handmonitor wird das Ultraschallgerät mit einer binokulären Brille (BCF Universal Goggles, BCF Technology Ltd, Livingston, Schottland) betrieben. Diese trägt der Untersucher auf dem Kopf und hat das Ultraschallbild direkt vor Augen sowie beide Hände frei.

3.2 Methoden

3.2.1 Trächtigkeitsuntersuchung per transrektalem Ultraschall

Nach folgenden Kriterien (Curran et al., 1986a,b; Kähn 1985; Kastelic et al., 1988; Kastelic et al. 1989; Kähn, 1997) wurden bei den Trächtigkeitsuntersuchungen die Ergebnisse bewertet und die Tiere in „tragend“ und „nicht tragend“ unterteilt:

TU 1 (28. – 35. Tag p. i.): Das Tier galt als tragend, wenn ein Embryo samt Herzaktion (entsprechend dem schnellen Blinken echointensiver Punkte), klare Flüssigkeit im Uterus sowie ein C. I. dargestellt werden konnten.

Das Tier galt als nicht tragend, wenn auf beiden Ovarien kein C. I. und/oder kein Embryo dargestellt werden konnte.

TU 2 (42. – 49. Tag p. i.): Das Tier galt als tragend, wenn ein Embryo (Gestalt, Verknöcherungszentren, Herzaktion, Bewegungen), klares Fruchtwasser, Plazentome und ein C. I. dargestellt werden konnten.

Das Tier galt als nicht tragend, wenn kein C. I., kein Embryo und keine dem Trächtigkeitsstadium entsprechende Fruchtwassermenge dargestellt werden konnte.

Die Kriterien für die Diagnose „tragend“, „nicht tragend“ und „Fruchtresorption“ sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Eine Fruchtresorption wurde diagnostiziert, wenn ein zu kleiner und/oder ein Embryo ohne Herzaktion dargestellt und/oder eine für das Trächtigkeitsstadium zu geringe und/oder getrübte Fruchtwassermenge und/oder eine Desintegration der Fruchthüllen aufgefunden wurden (Chaffaux et al. 1986; Kastelic et al., 1988; Szenci et al. 1998b; López-Gatius und García-Ispierto 2010). Zur Orientierung über die durchschnittliche physiologische Größe des Embryos zum Untersuchungszeitpunkt dienten die in Tabelle 11 aufgeführten Kriterien.

Tabelle 10: Kriterien zur Kategorisierung besamter Kühe und Färsen in tragend und nicht tragend mittels transrektaler Sonographie.

Uterus	TU 1 (28. – 35. Tag p. i.)	TU 2 (42. - 49. Tag p. i.)
tragend	klares Fruchtwasser Embryo mit Herzaktion C. I.	klares Fruchtwasser Embryo (Gestalt, Verknöcherungszentren, Herzaktion, Bewegungen) C. I. Plazentome
nicht tragend	kein Embryo kein C. I. mit oder ohne Flüssigkeit	kein Embryo kein C. I. mit oder ohne Flüssigkeit
Resorption	-	Embryo zu klein und/ oder ohne Herzaktion keine/eine nicht dem Trächtigkeitsstadium entsprechende Fruchtwassermenge, trübes Fruchtwasser Desintegration der Fruchthüllen

Tabelle 11: Durchschnittliche Größenverhältnisse des Embryos in der Frühgravidität, ausgewählte Zeitpunkte nach Angaben in der Literatur (Pierson und Ginther 1984) (SSL = Scheitel –Steiss – Länge).

Tag der Gravidität	SSL (mm)
30	12
35	15
40	20

3.2.2 Bestimmung der Rückenfettdicke

Die Rückenfettdicke (RFD) wurde bei jedem Tier zu den Zeitpunkten von TU 1 und von TU 2 nach der bei Schröder und Staufienbiel (2003) beschriebenen Methode gemessen.

3.2.3 Untersuchungstechnik

Zunächst erfolgte eine Fixierung der zu untersuchenden Tiere im Fressfanggitter oder in einer Liegebox. Das Rektum wurde manuell unter Vermeidung von Lufteinstrom entleert, um eine gute Ankopplung des Ultraschalls zu gewährleisten. Nach Versammlung des Uterus in der Beckenhöhle wurde der Ultraschallkopf unter Handschutz eingeführt. Systematisch wurden das linke und rechte Uterushorn von der Bifurkation bis zur Spitze des Uterushorns in Richtung ventral und lateral dargestellt sowie beide Ovarien aufgesucht und untersucht. Dabei wurde meist das jeweilige Uterushorn bzw. Ovar mit Ringfinger und kleinem Finger leicht fixiert, während der Ultraschallkopf von Daumen, Zeige- und Mittelfinger gehalten wurde.

Die RFD wurde mit dem gleichen Ultraschallgerät gemessen. Zur Sicherstellung der Ankopplung des Ultraschallkopfes an die Körperoberfläche wurde Brennspiritus auf die behaarte Haut aufgetragen. Es wurde der sakrale Messpunkt, liegend zwischen dem kaudalen Viertel und dem kaudalen Fünftel einer gedachten Verbindungslinie zwischen dem oberen Bereich des *Tuber ischiadicum* und dem *Tuber coxae*, genutzt

(Schröder und Staufenbiel, 2006). Im Ultraschallbild wurde die Strecke von der Hautoberfläche bis zur *Fascia profunda* bestimmt und der Messwert in Millimeter Rückenfettdicke angegeben. Eine Übersicht über die Richtwerte zur Rückenfettdickenmessung nach Angaben in der Literatur ist in Tabelle 12 gegeben.

Tabelle 12: Richtwerte zur Rückenfettdickenmessung nach Angaben in der Literatur.

Laktationsstadium	RFD (mm)	Quelle
Trockenstellen	22,5 (20 – 25)	Staufenbiel 1997
Kalbung	25 (20 – 30)	
100 Tage p. p.	12,5 (10 – 15)	
200 Tage p. p.	17,5 (15 – 20)	
Konditioneller Tiefpunkt	13 (Herdendurchschnitt)	
90. – 100. Tag p. p.	Abbau von Fettgewebe sollte zum Stillstand kommen	Schröder und Staufenbiel 2003

Es wurde bei den Trächtigkeitsuntersuchungen und der Bestimmung der RFD mit einer Frequenz von 5 MHz gearbeitet.

Die Befunde der TU und die RFD wurden anschließend an die Untersuchung auf einem vorgefertigten Befundbogen dokumentiert und computergestützt verarbeitet.

3.2.4 Datenerhebung

Die in Tabelle 13 aufgeführten Daten wurden pro Tier neben der zweifachen Trächtigkeitsuntersuchung erhoben.

Tabelle 13: Parameter und Methodik der Datenerhebung von neben den TUs pro Tier erhobenen Daten.

Parameter	Methode der Datenerhebung (Einheit)
RFD zum Zeitpunkt von beiden TUs	Eigene Untersuchung (mm)
Güstzeit	Landeskontrollverband - Daten (Tage)
Anzahl der Laktationen	Landeskontrollverband - Daten (Anzahl)
Alter	Landeskontrollverband - Daten (Monate)
Datum der letzten Kalbung	Landeskontrollverband - Daten
Verlauf der letzten Geburt	Aufzeichnungen des Landwirts (leicht / mittel / schwer)
100-Tage-Milchleistung	Landeskontrollverband - Daten (kg)
Hormonbehandlungen	Eigene Behandlungen (keine / PGF _{2α} / GnRH / OvSynch)
Gesundheitsstatus/ Erkrankungen zum Besamungszeitpunkt	Eigene Untersuchung (Lahmheit / Mastitis)
Erkrankungen zwischen den beiden Terminen der Trächtigkeitsuntersuchung	Beobachtungen des Landwirt / Eigene Untersuchung (Lahmheit / Mastitis)
Errechnetes Geburtsdatum des bei der TU festgestellten Konzeptus	rechnerisch aus Besamungsdatum und positiver TU (Besamungsdatum + 285 Tage)
Geburtsdatum des bei der TU festgestellten Konzeptus	Aufzeichnungen des Landwirts

Der Geburtsvorgang wurde in folgende Kategorien eingeteilt: einfach: spontane Geburt ohne Zughilfe; mittel: Geburt mit leichter Zughilfe; schwer: Geburt mit schwerer Zughilfe oder Sectio caesarea (S.c.).

Der Erfassungszeitraum für die Erkrankungen Lahmheit und Mastitis umfasst den Zeitraum sieben Tage vor der Besamung bis einschließlich den Tag der Besamung und den Zeitraum zwischen beiden Terminen der Trächtigkeitsuntersuchung.

Das Vorhandensein einer Mastitis wurde in Anlehnung an Santos et al. (2004a) anhand eines abnormalen Milchcharakter und/oder der Schwellung eines oder mehrerer Euterviertel diagnostiziert.

Im Zeitraum von sieben Tagen vor der Besamung bis zum Tag der Besamung wurden die Lahmheiten in Schweregrade eingeteilt. Dabei galten folgende Kategorien: Grad 0: keine Lahmheit, Grad 1: geringgradige Lahmheit, Grad 2: mittelgradige Lahmheit, Grad 3: hochgradige Lahmheit.

3.2.5 Statistische Auswertung

Mit Hilfe der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen erfolgte die statistische Auswertung der Daten. Die Verwaltung der Datensätze mittels Tabellen und die Erstellung von Graphiken erfolgten mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft® Office Excel 2007 (Microsoft Corporation). Die statistischen Fragestellungen wurden mit dem Statistikprogramm BMDP/Dynamic, Release 8.1 (Statistical Solutions Ltd., Irland; Dixon, 1993) bearbeitet. Zusätzlich kamen das Programm TESTIMATE6 (Rahlf's, 2002) und ein Eigenprogramm der AG Biomathematik und Datenverarbeitung zum Einsatz.

Die Abschätzung der 100-Tage-Milchleistung wurde mit Hilfe der Laktationskurve nach Wood (1967) vorgenommen. Im Woodschen Modell wird der Laktationsverlauf in Form einer Gammakurve beschrieben, wobei y_n die Milchmenge am Tag n darstellt:

$$y_n = a \cdot n^b \cdot e^{-cn}$$

a = Niveau

b = Anstieg

c = Abfall der exponentiellen Wachstumsfunktion (e^{kx})

Voraussetzung für die Berechnung der geschätzten 100-Tage-Milchleistung war das Vorliegen von mindestens drei monatlichen Milchkontrollen der vorangegangenen Laktation, wobei die erste Kontrolle nicht später als 70 Tage nach der Abkalbung erfolgt sein durfte. Den jeweils vorhandenen Werten wurde mit Hilfe einer nicht-linearen Regression (Programm BMDPAR) die obige Laktationskurve angepasst und durch die Summation der errechneten Tagesmilchmengen wurde die Milchleistung bis zu einem bestimmten Tag i in der Laktation berechnet.

Zur statistischen Beschreibung der Daten wurden arithmetische Mittelwerte (\bar{x}_a), Standardabweichungen (s), Median und Stichprobenumfänge (n) berechnet und tabellarisch wiedergegeben. Die Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung erfolgte in der Regel bis auf eine Stelle hinter dem Komma.

Für die Gegenüberstellung qualitativer Merkmale wurden Häufigkeitstabellen mit dem Programm BMDP4F erzeugt und mit dem Chi-Quadrat-Test auf signifikante Zusammenhänge geprüft. Bei zu kleinen Erwartungswerten wurde entweder der Test von Fisher (bei Vierfeldtafeln) oder der exakte Fisher Freeman-Halton-Test verwendet (bei Tafeln mit 2 Zeilen, aber mehr als 2 Spalten oder umgekehrt). Mittels schrittweiser multipler logistischer Regression wurden die verschiedenen erhobenen quantitativen und qualitativen Variablen auf einen statistisch signifikanten Zusammenhang zur embryonalen Resorption hin geprüft. Die logistische Regression wurde in schrittweiser Form durchgeführt, da die Anzahl der positiven Fälle (Trächtigkeitsverluste) zwischen 20 und 25 lag und deshalb die gleichzeitige Überprüfung von 15 unabhängigen Variablen auf ihren Einfluss statistisch betrachtet nicht möglich ist. Bei dem schrittweisen Verfahren werden Variablen einzeln, geordnet nach der Stärke ihres Einflusses, in das logistische Modell aufgenommen. Das Verfahren stoppt, sobald die weitere Aufnahme von Variablen die

Modellanpassung an die Daten nicht mehr verbessert. Bei der Güstzeit lag eine rechtsschiefe Verteilung vor, sodass eine logarithmische Transformation der Daten durchgeführt wurde.

Zur Bewertung der statistischen Signifikanzen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ zu Grunde gelegt, sodass Ergebnisse mit einem p - Wert $\leq 0,05$ als statistisch signifikant angesehen wurden.

Eine Übersicht über die verwendeten statistischen Testmethoden ist in Tabelle 14 gegeben.

Tabelle 14: Angewandte statistische Methoden.

Fragestellung	Statistische Methodik
100-Tage-Milchleistung	Laktationskurve nach Wood (1967)
Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und dem Faktor Kuh/Färsen	Pearson-Chi-Quadrat-Test
Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und den Faktoren RFD 1, RFD 2, Differenz der RFD - Messungen, Gützeit, Anzahl der Laktationen, Alter, Milchleistung, Betrieb	multiple schrittweise logistische Regression
Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und den Faktoren Zwillingsgravidität, Mastitis	exakter Test von Fisher (zweiseitig)
Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und den Faktoren Verlauf der letzten Kalbung und Lahmheit	exakter Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (Programm: Testimate)
Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und den Faktoren hormonelle Vorbehandlungen, Krankheiten (Mastitis, Lahmheit) zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen	exakter Fisher-Freeman-Halton-Test (eigenes Programm der AG Biomathematik und Datenverarbeitung)

4 Ergebnisse

4.1 Tiere

Insgesamt 520 trächtige Tiere (463 Kühe und 54 Färsen) auf fünf Betrieben wurden zwei Mal in einem zweiwöchigen Abstand zwischen dem 28. und dem 49. Trächtigkeitstag untersucht. Drei Kühe wurden nach einem Trächtigkeitsverlust erneut tragend und gingen zum zweiten Mal in die Untersuchungen ein.

4.2 Embryonale Mortalitätsrate

4.2.1 Gesamt

Von 520 Probandinnen fand bei 24 Tieren (4,6 %) im Untersuchungszeitraum ein Fruchtverlust statt. Dabei handelt es sich um 23 Kühe und 1 Färse (Tabelle 15, Abbildung 5).

Tabelle 15: Sonographisch nachgewiesener Trächtigkeitsverlust bei Kühen und Färsen zwischen dem 28. und dem 49. Tag nach der Besamung.

Anzahl	Färsen n / %	Kühe n / %
Fruchtverlust n = 24	1 / 2	23 / 5
kein Fruchtverlust n = 496	53 / 98	443 / 95
gesamt n = 520	54	466

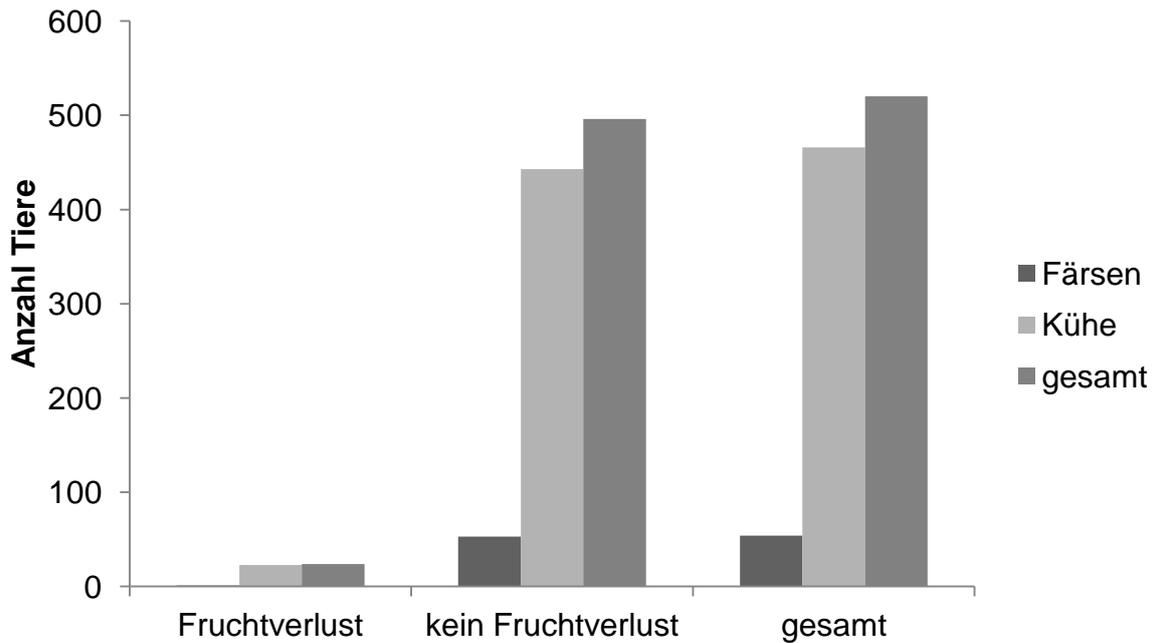


Abbildung 5: Sonographisch nachgewiesener Trächtigkeitsverlust bei Kühen und Färsen zwischen dem 28. und dem 49. Tag nach der Besamung.

4.2.2 Betriebsspezifisch

Die höchsten Trächtigkeitsverluste zeigte Betrieb 2, in dem bei 9 % der Probandinnen (9 von 100 untersuchten Tieren) ein Absterben der Frucht diagnostiziert wurde. Die geringste Verlustrate von 1,4 % fand sich in Betrieb 1 (1 von 70 Tieren). Die Trächtigkeitsverluste in den anderen Betrieben bewegen sich zwischen 7,3 % (8 von 110 Tieren; Betrieb 5) und 2 % (4 von 200 Tieren; Betrieb 4). Die Daten sind in Tabelle 16 und Abbildung 6 aufgeführt.

Tabelle 16: Sonographisch nachgewiesener Trächtigkeitsverlust bei Kühen und Färsen zwischen dem 28. und dem 49. Tag nach der Besamung aufgeschlüsselt nach Betrieben.

Betrieb	Anzahl Tiere mit Fruchtverlust / Gesamtzahl Tiere n	%
1	1 / 70	1,4
2	9 / 100	9,0
3	2 / 40	4,9
4	4 / 200	2,0
5	8 / 110	7,3

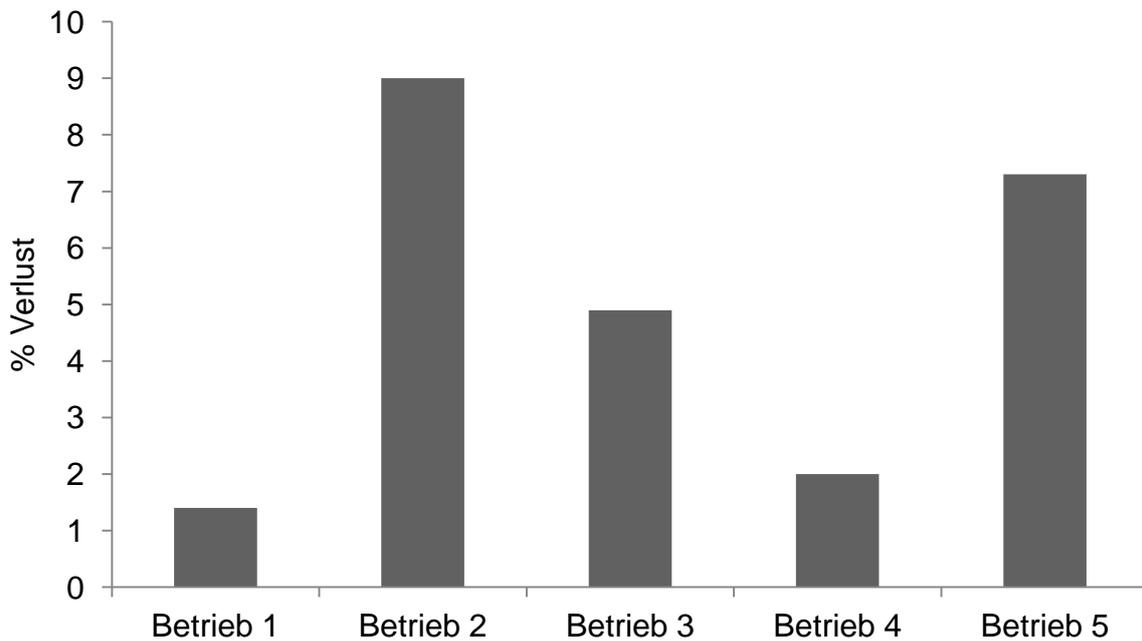


Abbildung 6: Sonographisch nachgewiesener Trächtigkeitsverlust bei Kühen und Färsen zwischen dem 28. und dem 49. Tag nach der Besamung aufgeschlüsselt nach Betrieben.

4.3 Risikofaktoren für Fruchtverluste im Untersuchungszeitraum

Getestet wurde, ob es zwischen der Gruppe Tiere, die im Untersuchungszeitraum einen Trächtigkeitsverlust erfuhr (n = 24) und der Gruppe, bei der die Trächtigkeit im Untersuchungszeitraum bestehen blieb (n = 496), Unterschiede existieren. Untersuchte Faktoren sind die Milchleistung, die Gützeit, das Vorliegen einer Zwillingsträchtigkeit, die Körperkondition und deren Veränderung im Versuchszeitraum, die Anzahl der Laktationen, das Alter, der Verlauf der letzten Kalbung, hormonelle Vorbehandlungen, Krankheiten (Lahmheit, Mastitis) vor und während der Besamung, Krankheiten (Lahmheit, Mastitis) zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen und der Betrieb.

Durch die wöchentliche oder 14 - tägige Besuchsfrequenz der Betriebe ergab sich eine zufällige Zuordnung der Tiere in den Zeitraum der ersten sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung (28. - 35. Tag nach der Besamung) und entsprechend 14 Tage später (Tabelle 17 und 18, Abbildung 7).

Tabelle 17: Zeitpunkte der beiden sonographischen Trächtigkeitsuntersuchungen (TU) in Tagen nach der Besamung (n = 520).

Zeitpunkt TU 1 / TU 2	Probandinnen n / %
28. / 42. Tag	86 / 16,5
29. / 43. Tag	70 / 13,5
30. / 44. Tag	84 / 16,2
31. / 45. Tag	72 / 13,8
32. / 46. Tag	71 / 13,7
33. / 47. Tag	51 / 9,8
34. / 48. Tag	50 / 9,6
35. / 49. Tag	36 / 3,8

Tabelle 18: Zeitpunkte der sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung (TU) der Tiere, die einen Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum erfuhren (n = 24).

Zeitpunkt TU 1 / TU 2	Probandinnen mit Fruchtverlust n / %
28. / 42. Tag	6 / 25,0
29. / 43. Tag	2 / 8,3
30. / 44. Tag	3 / 12,5
31. / 45. Tag	3 / 12,5
32. / 46. Tag	4 / 16,6
33. / 47. Tag	2 / 8,3
34. / 48. Tag	3 / 12,5
35. / 49. Tag	1 / 4,2

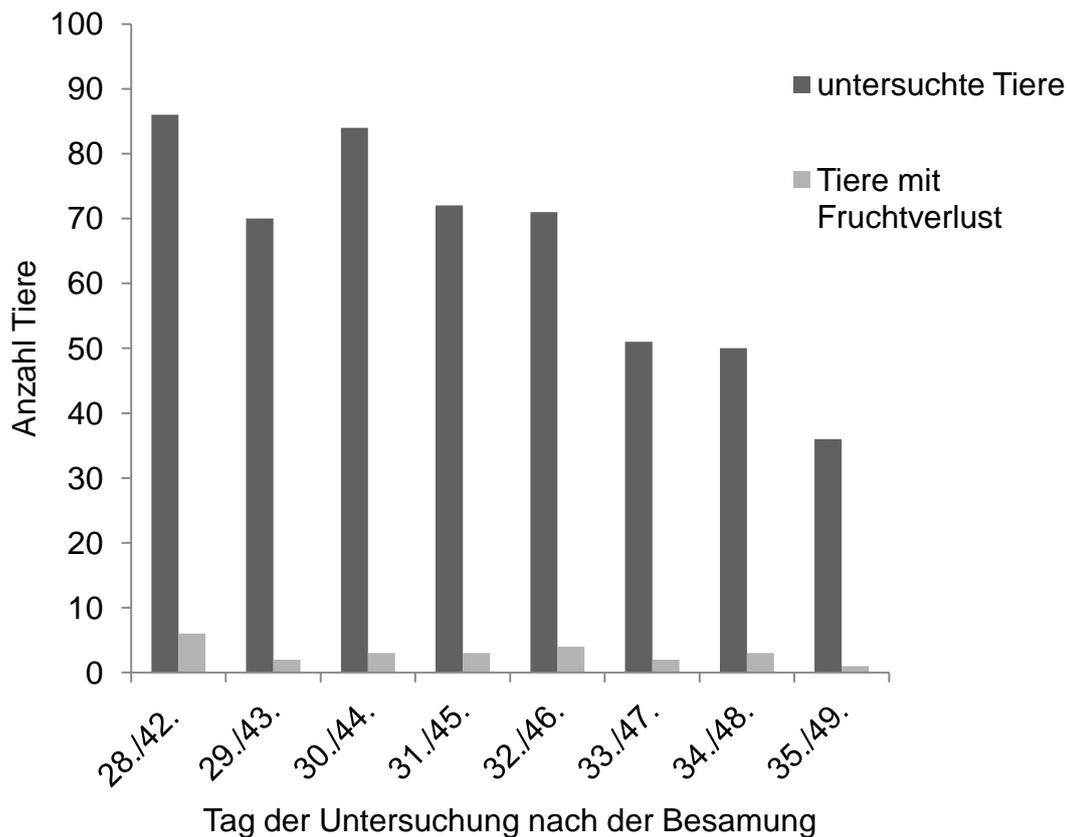


Abbildung 7: Anzahl der untersuchten Tiere und Anteil der Tiere mit einem Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum geordnet nach dem Zeitpunkt der Untersuchung nach der Besamung.

4.3.1 Milchleistung

Zur Errechnung der 100-Tage-Milchleistung der vorangegangenen Laktation lagen von 455 Kühen Daten vor. In der Gruppe der Tiere, bei denen ein Trächtigkeitsverlust stattfand ($n = 21$), wurde eine 100-Tage-Milchleistung zwischen 1145,8 und 4219,7 kg errechnet. Der Mittelwert betrug $3310,1 \pm 774,9$ kg. In der Gruppe der Tiere, deren Frucht im Untersuchungszeitraum nicht abstarb ($n = 434$), betrug die 100-Tage-Milchleistung zwischen 928,7 und 7407,2 kg. Der Mittelwert betrug $3438,9 \pm 834,9$ kg (Tabelle 19, Abbildung 8).

Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in der Milchleistung zwischen beiden Gruppen ($p = 0,92$) ermittelt werden.

Tabelle 19: 100-Tage-Milchleistung (Kilogramm) in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,92$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust $n = 21$	3310,1	774,9	1145,8	4219,7
kein Fruchtverlust $n = 434$	3438,9	834,9	928,7	7407,2

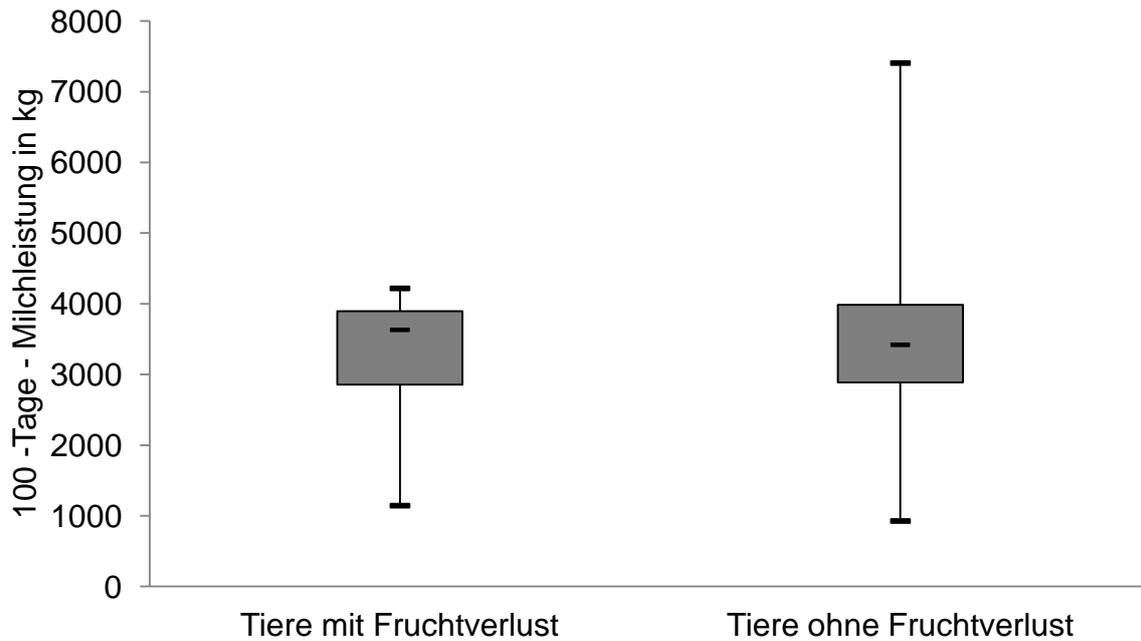


Abbildung 8: Darstellung der Milchleistung in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum als Box-and-Whisker-Plot.

4.3.2 Gützeit

Zur Gützeit lagen von 461 Kühen Daten vor. Ein Unterschied zwischen den Gruppen konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,93$, Tabelle 20, Abbildung 9).

Tabelle 20: Gützeiten in Tagen in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,93$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 21	128,6	90,7	60	462
kein Fruchtverlust n = 434	113,6	51,7	34	403

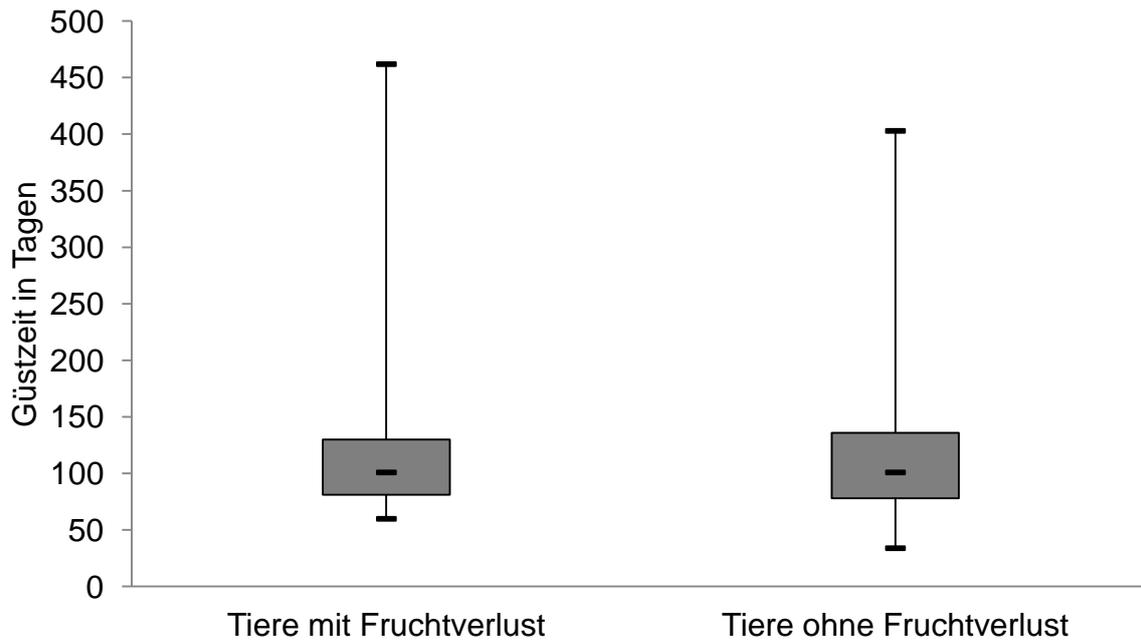


Abbildung 9: Darstellung der Gústzeiten in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum als Box-and-Whisker-Plot.

4.3.3 Anzahl der Embryonen

Bei 520 untersuchten Tieren lagen acht Zwillingstráchtigkeiten vor (1,5 %).

Alle Zwillingstráchtigkeiten blieben im Untersuchungszeitraum bestehen. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Vorkommen von Zwillingstráchtigkeiten und den Tráchtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum nachgewiesen werden ($p = 1,0$, Tabelle 21, Abbildung 10).

Von den acht Zwillingstráchtigkeiten wurde ein Zwillingspaár im 6. Grávidátsmonat abortiert, fünf Zwillingspaare kamen nach einer durchschnittlichen Tragzeit von 280,4 Tagen zur Welt. In zwei Fállen wurde nur ein Kalb geboren, was bedeutet, dass eine Teilresorption stattgefunden hat.

Zusätzlich zeigten sich bei den Kalbungen fünf weitere Zwillingstráchtigkeiten, die bei beiden Tráchtigkeitsuntersuchungen als Einlingsgrávidáten diagnostiziert worden waren.

Tabelle 21: Anzahl der Embryonen in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 1,0$).

Anzahl	tragend mit einer Frucht n / %	tragend mit Zwillingen n / %
Fruchtverlust n = 24	24 / 100	0 / 0
kein Fruchtverlust n = 496	488 / 98,4	8 / 1,6
gesamt n = 520	512	8

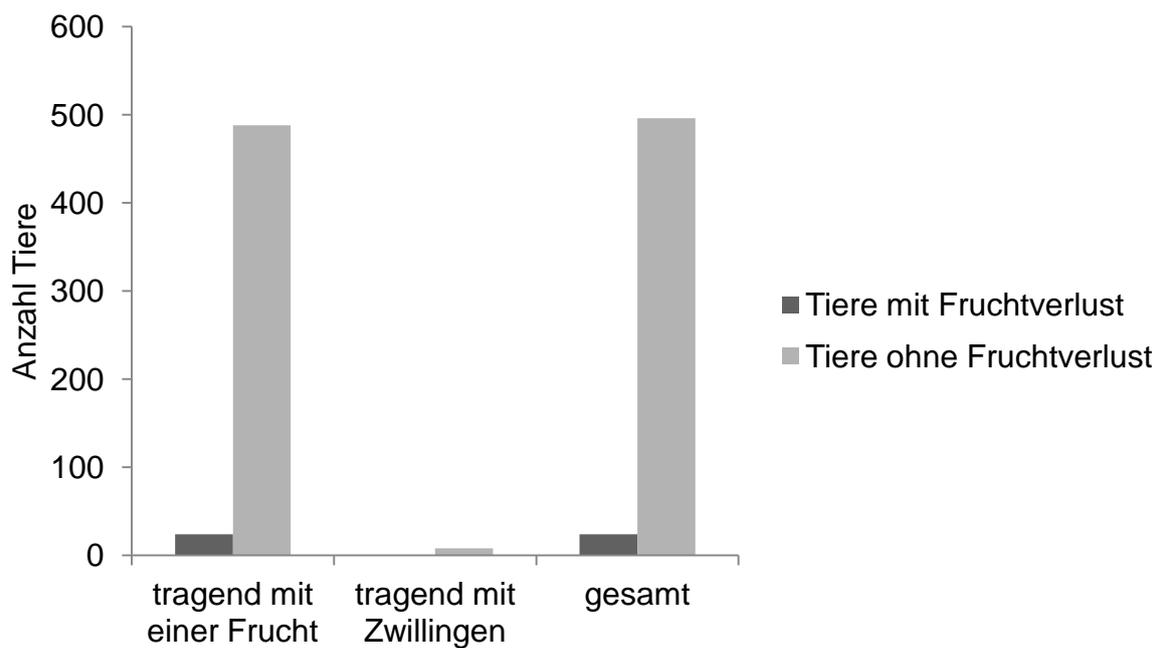


Abbildung 9: Vorkommen von Trächtigkeiten mit einer Frucht und mit Zwillingen in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.4 Veränderungen der Körperkondition

Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der RFD zum Zeitpunkt von TU 1 und den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,70$). Dies gilt ebenso für die RFD zum Zeitpunkt der zweiten Untersuchung ($p = 0,91$).

Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Veränderung der RFD zum Zeitpunkt von TU 1 und TU 2 konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,4$; Tabelle 22 bis 24; Abbildung 10 bis 12).

Tabelle 22: Rückenfettdicke (RFD) in mm zum Zeitpunkt von TU 1 in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,70$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 24	14,4	3,6	8	24
kein Fruchtverlust n = 496	12,9	3,7	5	30

Tabelle 23: Rückenfettdicke (RFD) in mm zum Zeitpunkt von TU 2 in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,91$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 24	13,5	3,9	7	24
kein Fruchtverlust n = 496	13,1	3,9	6	34

Tabelle 24: Differenz der Rückenfettdicke (RFD) zum Zeitpunkt von TU 1 und TU 2.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 24	0,0	1,47	-5,0	2,0
kein Fruchtverlust n = 496	0,0	1,68	-6,0	6,0

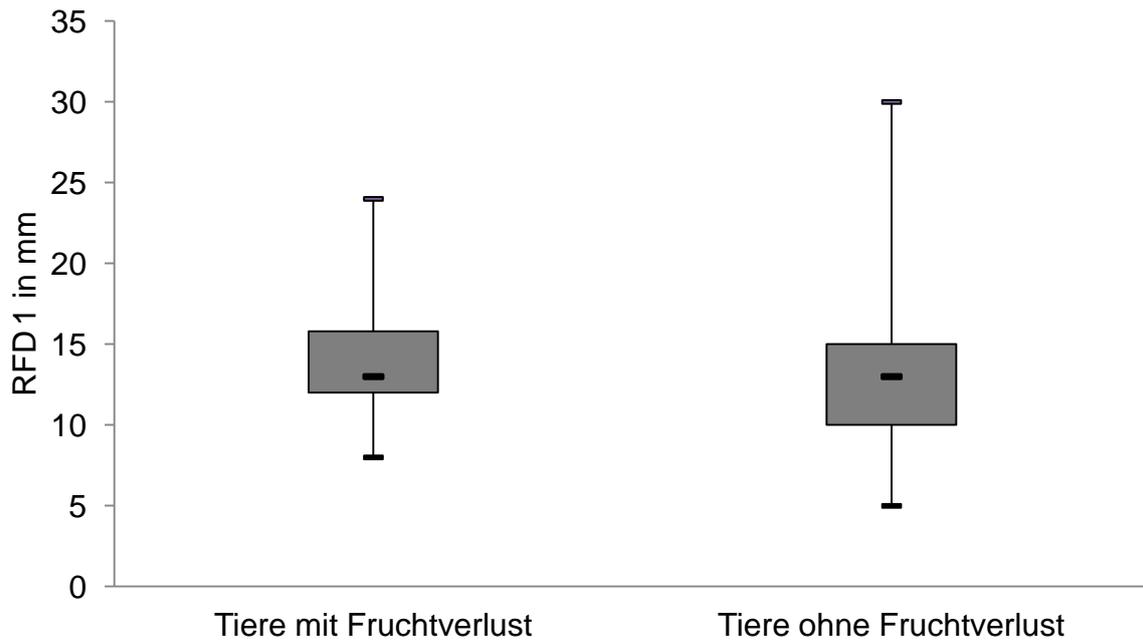


Abbildung 10: Vergleichende Darstellung der RFD bei der ersten Messung (28. - 35. Tag p. i.) in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

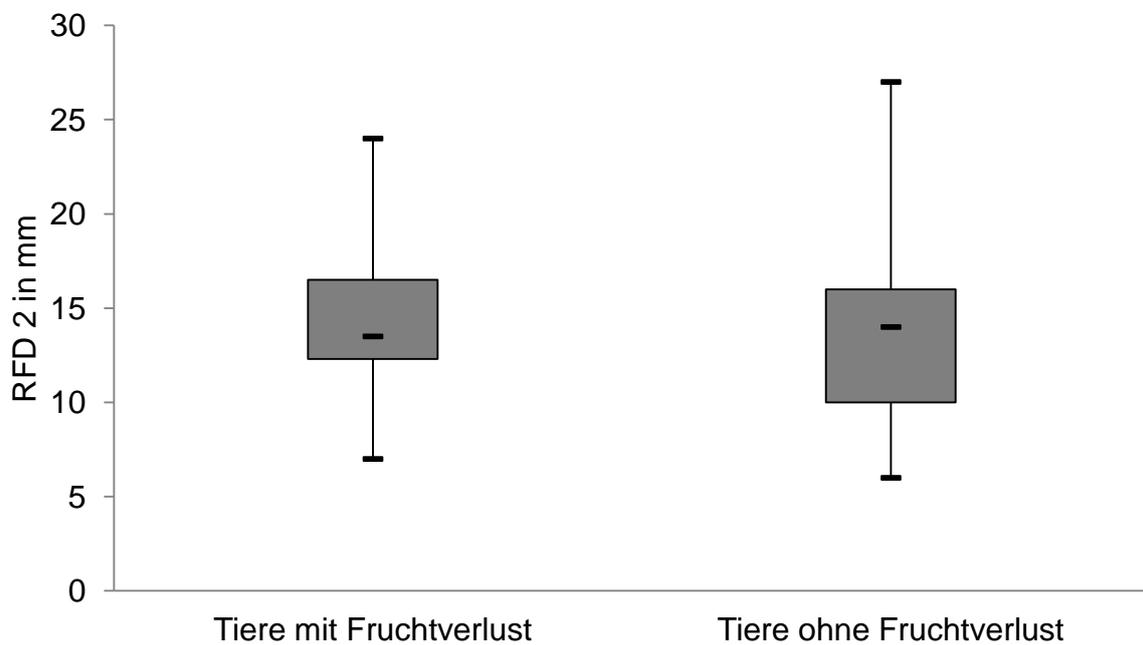


Abbildung 11: Vergleichende Darstellung der RFD bei der zweiten Messung (42. - 49. Tag p. i.) in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

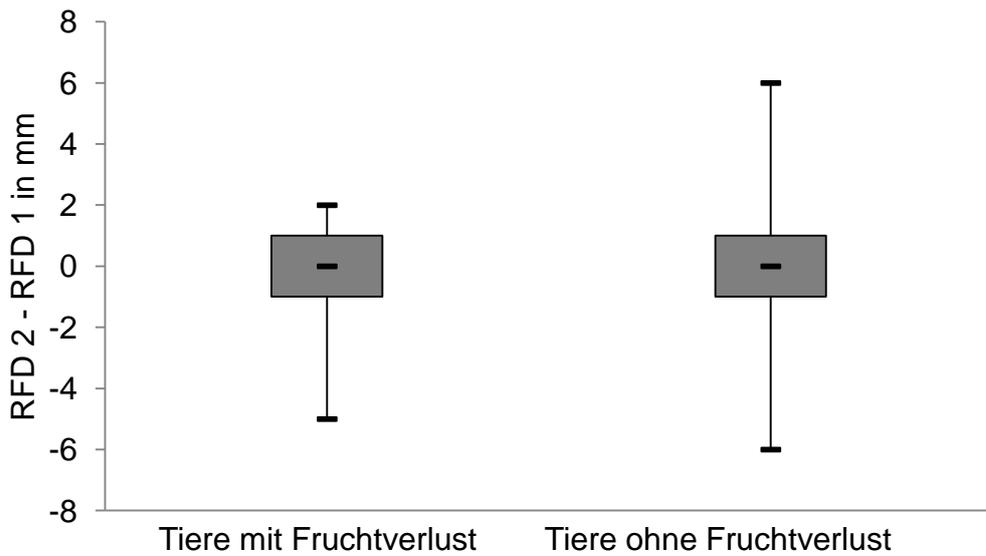


Abbildung 12: Vergleichende Darstellung der Differenz der beiden RFD - Messungen in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.5 Anzahl der Laktationen

Es lagen von allen 520 Probandinnen Daten vor.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Laktationen und den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,46$, Tabelle 25, Abbildung 13).

Tabelle 25: Anzahl der Laktationen in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,46$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 24	2,5	1,4	0	5
kein Fruchtverlust n = 496	2,0	1,6	0	8

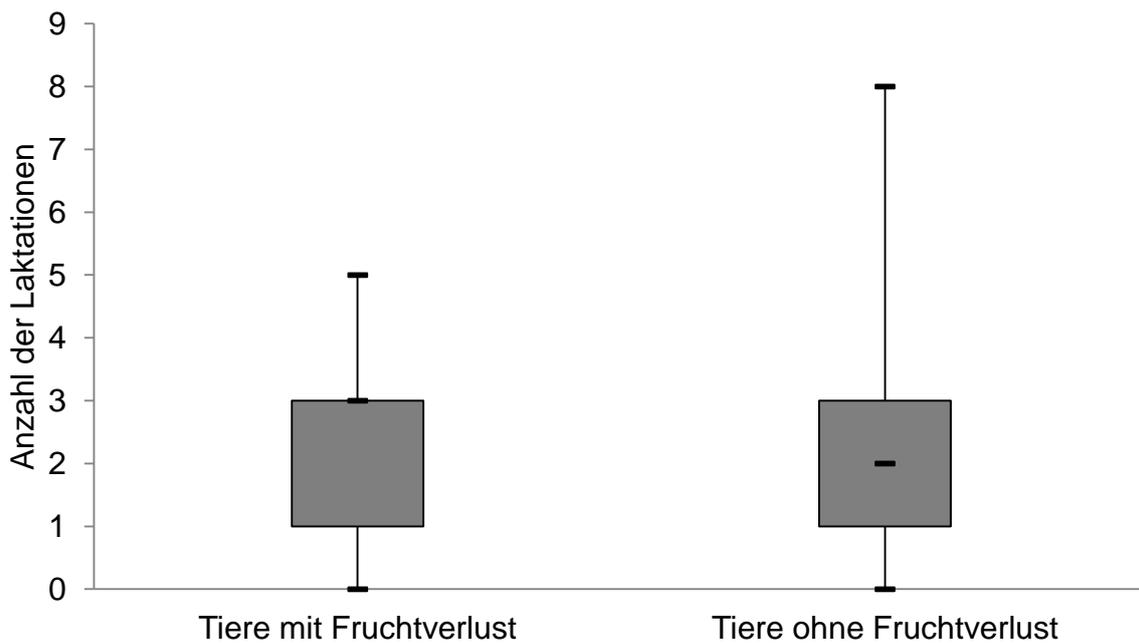


Abbildung 13: Darstellung der Anzahl der Laktationen für die Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.6 Alter

Zur Auswertung des Alters lagen von allen 520 Probandinnen Daten vor.

Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Alter und den Trächtigkeitsverlusten konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,65$, Tabelle 26, Abbildung 14). Ein statistisch signifikanter Unterschied in der Trächtigkeitsverlustrate zwischen Kühen und Färsen konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,31$).

Tabelle 26: Alter in Monaten in der Gruppe der Tiere mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden ($p = 0,65$).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fruchtverlust n = 24	49,7	17,1	22	83
kein Fruchtverlust n = 496	44,1	20,4	15	128

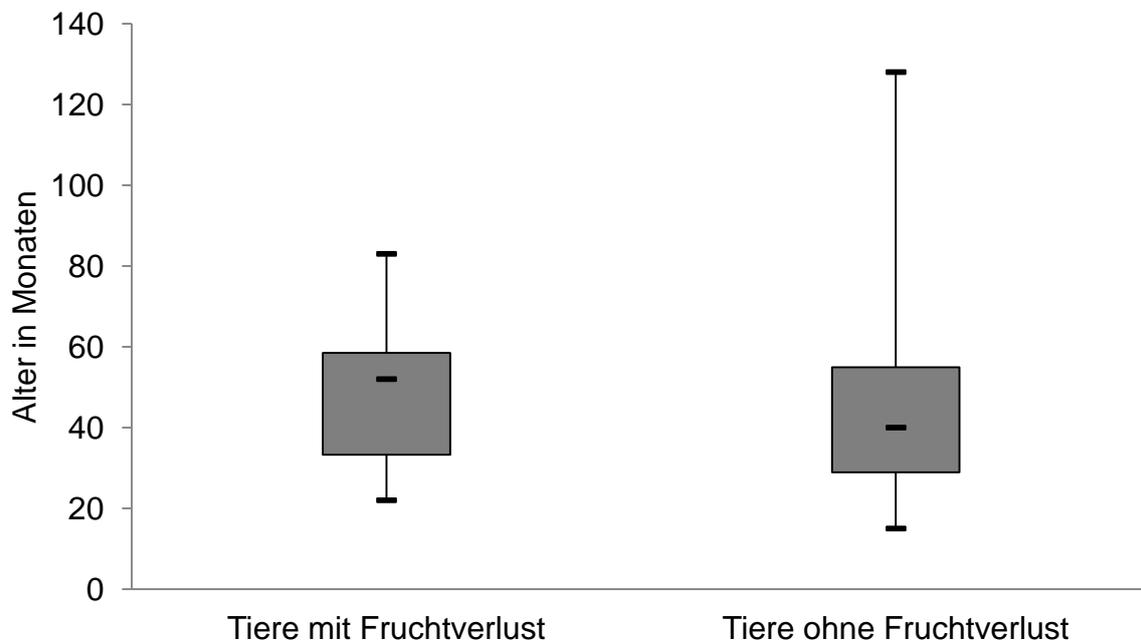


Abbildung 14: Darstellung des Alters der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.7 Verlauf der letzten Kalbung

Zum Verlauf der vorangegangenen Kalbung lagen von 465 Probandinnen Daten vor.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der letzten Kalbung und dem Auftreten von Trächtigkeitsverlusten konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,68$, Tabelle 27, Abbildung 15).

Tabelle 27: Verlauf der letzten Kalbung bei Tieren mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden ($p = 0,68$).

	leicht n / %	mittel n / %	schwer n / %
Fruchtverlust n = 23	22 / 95,7	1 / 4,3	0 / 0
kein Fruchtverlust n = 442	403 / 91,2	34 / 7,7	5 / 1,1
gesamt	425	35	5

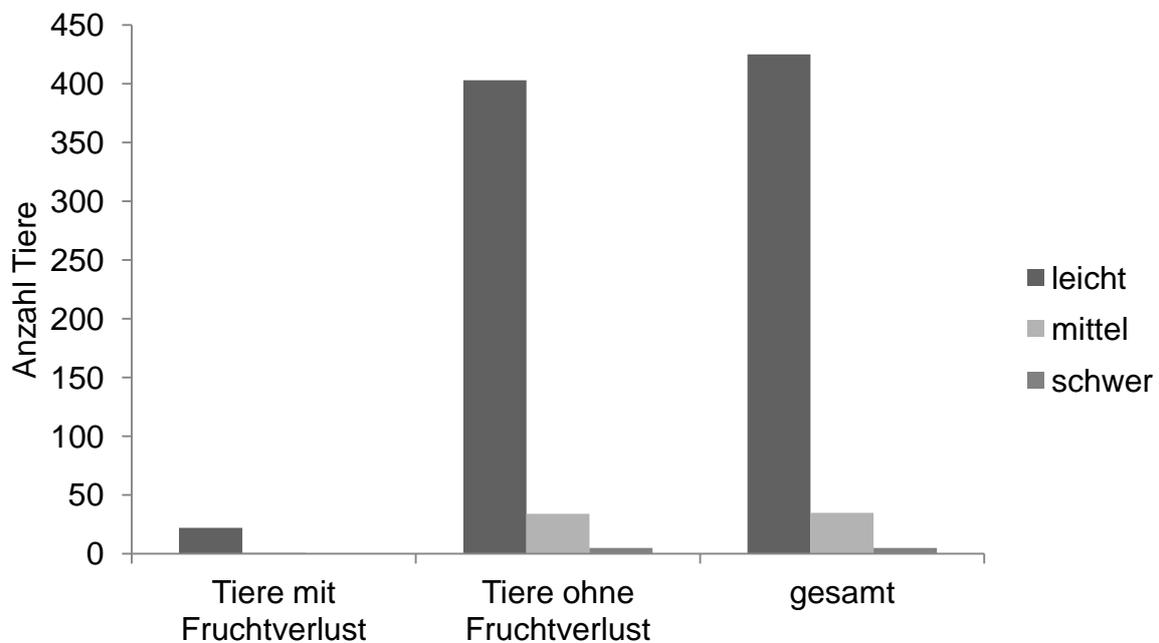


Abbildung 15: Verlauf der letzten Kalbung bei Tieren mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.8 Hormonelle Vorbehandlungen

Über hormonelle Vorbehandlungen lagen von allen 520 Probandinnen Informationen vor.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer Hormonbehandlung und dem Auftreten von Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,11$, Tabelle 28, Abbildung 16).

Tabelle 28: Hormonelle Vorbehandlungen bei Tieren mit und ohne Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden ($p = 0,11$).

	keine n / %	PGF _{2α} n / %	GnRH n / %	OvSynch n / %
Fruchtverlust n = 24	13 / 54,2	9 / 37,5	0 / 0	2 / 8,3
kein Fruchtverlust n = 496	340 / 68,5	84 / 16,9	5 / 1,1	67 / 13,5
gesamt	353	93	5	69

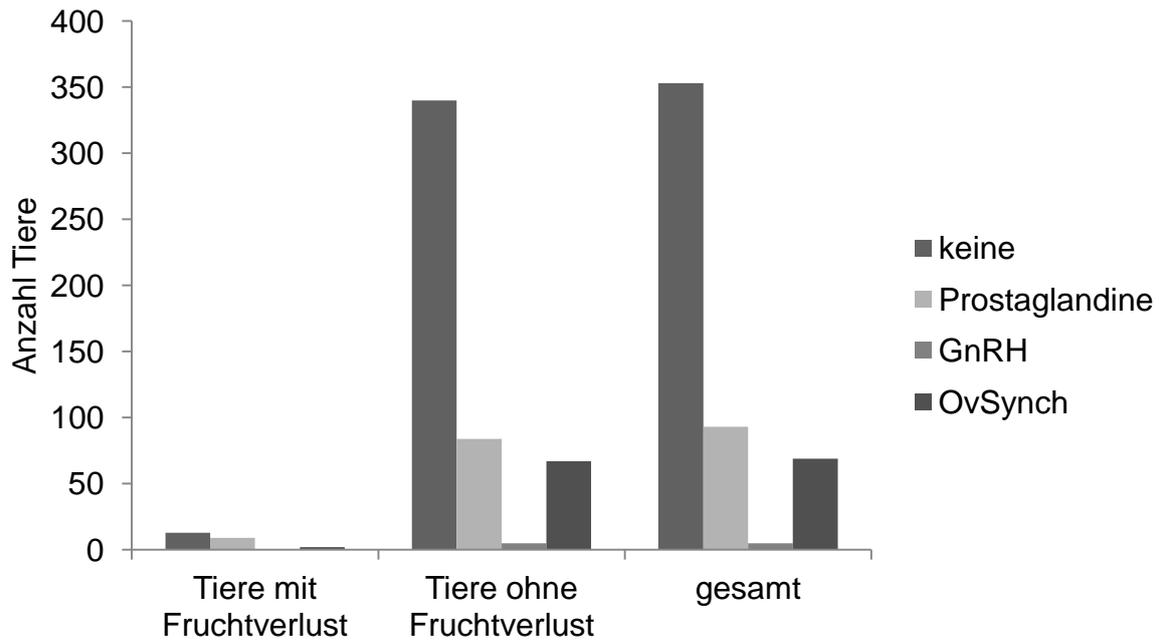


Abbildung 16: Hormonelle Vorbehandlungen bei Tieren mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.9 Krankheiten (Lahmheit, Mastitis)

Es lagen von allen 520 Probandinnen Daten vor (Tabelle 29 und 30, Abbildung 17 und 18).

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein und dem Schweregrad einer Lahmheit sieben Tage vor der Besamung bis zum Tag der Besamung und den Trächtigkeitsverlusten konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,78$, Tabelle 29, Abbildung 17).

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein einer Mastitis im Zeitraum von sieben Tage vor der Besamung und den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte nicht nachgewiesen werden ($p = 0,27$, Tabelle 30, Abbildung 18).

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein einer Mastitis oder einer Lahmheit zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen und den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden ($p = 0,74$, Tabelle 31, Abbildung 19).

Tabelle 29: Lahmheiten (LH) der untersuchten Tiere mit und ohne Fruchtverlust eingeteilt in Grade sieben Tage vor der Besamung bis zum Tag der Besamung. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,78$).

	keine Lahmheit n / %	LH Grad 1 n / %	LH Grad 2 n / %	LH Grad 3 n / %
Fruchtverlust n = 24	21 / 87,5	2 / 8,3	1 / 4,2	0 / 0
kein Fruchtverlust n = 496	445 / 89,7	33 / 6,7	18 / 3,6	0 / 0
gesamt	466	35	19	0

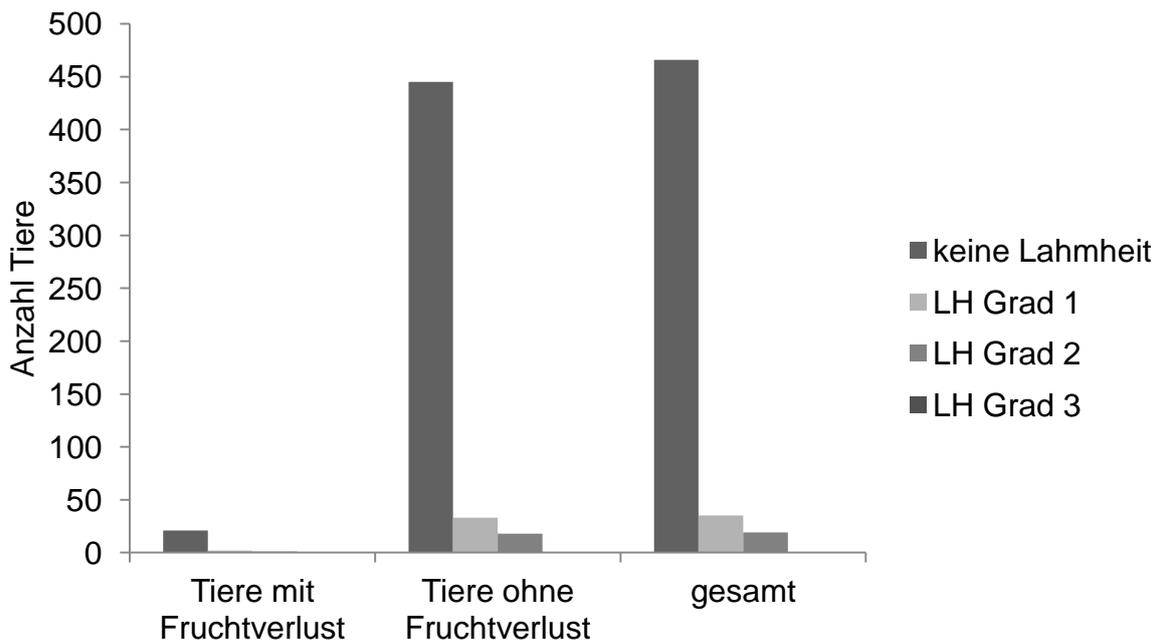


Abbildung 17: Lahmheiten der Tiere eingeteilt in Grade sieben Tage vor der Besamung bis zum Tag der Besamung.

Tabelle 30: Mastitiden der Tiere sieben Tage vor der Besamung bis zum Tag der Besamung. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden ($p = 0,27$).

	keine Mastitis n / %	Mastitis n / %
Fruchtverlust n = 24	22 / 91,7	2 / 8,3
kein Fruchtverlust n = 496	476 / 96,0	20 / 4,0
gesamt	498	22

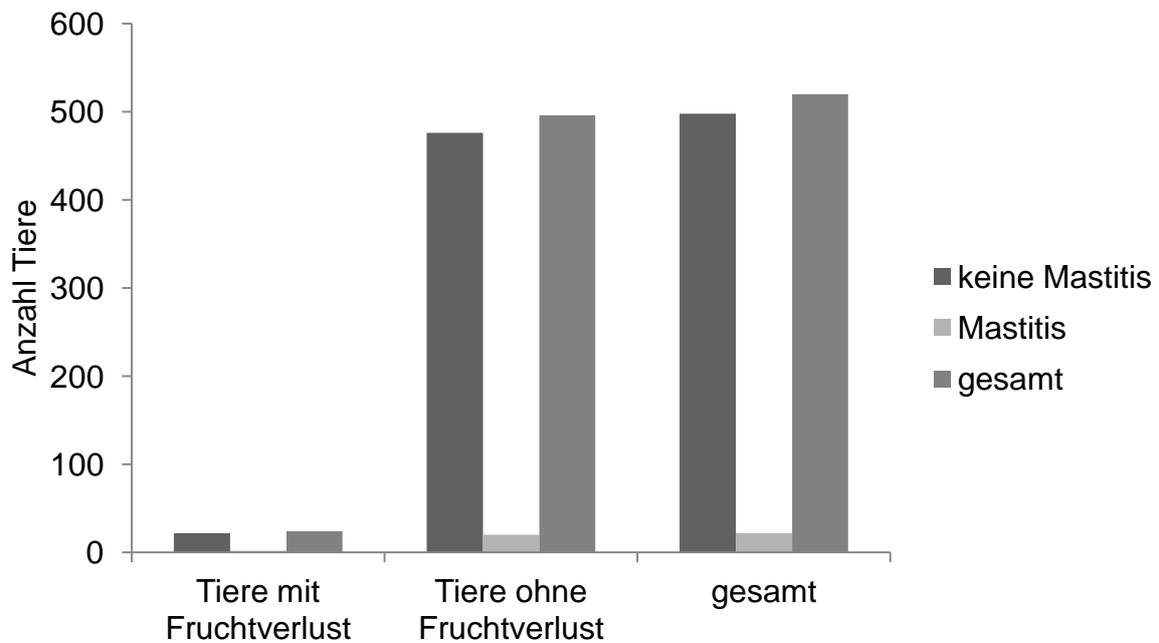


Abbildung 18: Anzahl der Tiere mit Mastitis, sieben Tage vor der Besamung bis zum Tag der Besamung.

Tabelle 31: Lahmheiten und Mastitiden zwischen TU 1 und TU 2 in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,74$).

	keine Erkrankung n / %	Mastitis n / %	Lahmheit n / %
Fruchtverlust n = 24	22 / 91,7	0 / 0	2 / 8,3
kein Fruchtverlust n = 496	462 / 93,1	7 / 1,4	27 / 5,5
gesamt	484	7	29

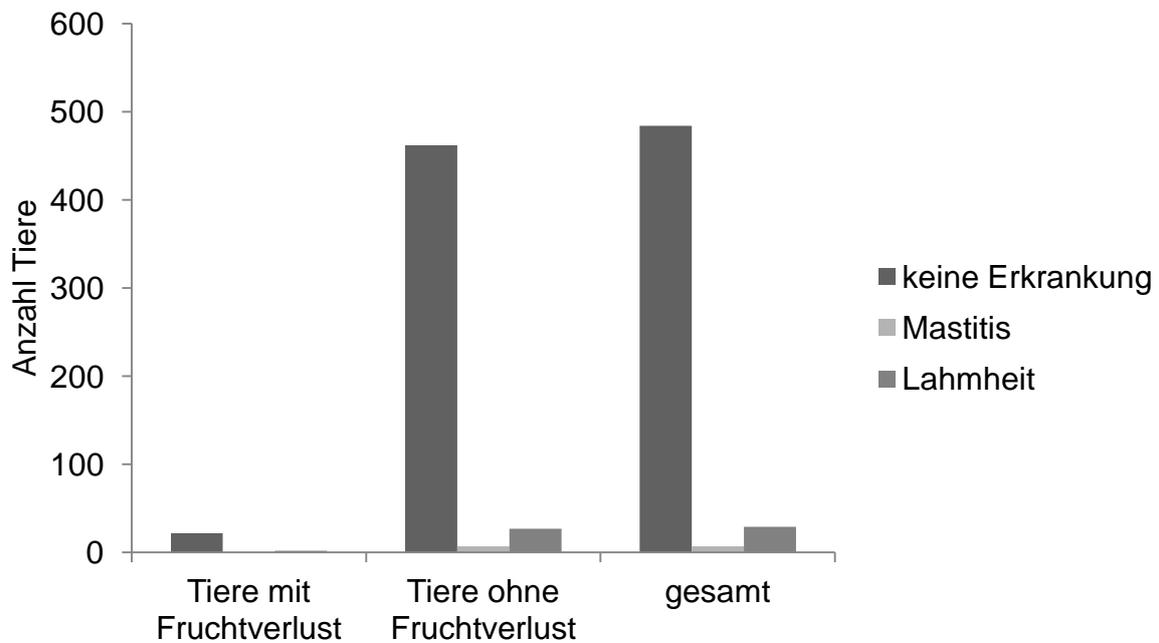


Abbildung 19: Häufigkeiten von Lahmheiten und Mastitiden zwischen TU 1 und TU 2 in den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum.

4.3.10 Betrieb

Es zeigten sich zwischen den Betrieben Unterschiede. Die Trächtigkeitsverluste im Untersuchungszeitraum schwankten zwischen 1,4 % und 9,0 %. Die Unterschiede zwischen den Betrieben waren jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,4$).

4.4 Aborte und Geburten

Von den 496 Tieren, die in der zweiten TU (42. - 49. Tag p. i.) als tragend diagnostiziert wurden, kalbten nach einer durchschnittlichen Trächtigkeitsdauer von 281,7 Tagen (Minimum: 267 Tage, Maximum: 310 Tage) 439 Probandinnen (88,5 %). Das Schicksal der übrigen Tiere ist in Tabelle 32 und 33 sowie Abbildung 20 aufgeführt.

Tabelle 32: Schicksal der bei der zweiten Trächtigkeitsuntersuchung tragenden Tiere.

Anzahl Tiere	Schicksal
496	tragend zur 2. TU (42. - 49. Tag p. i.)
43 (8,6 %)	Aborte (29) und Frühgeburten (14) (Verluste 49. Tag - 265. Tag p.i.)
13 (2,6 %)	Abgänge
1 (0,2 %)	mumifiziertes Kalb
439 (88,5 %)	reguläre Kalbung (267 - 310 Tage Trächtigkeitsdauer)

Tabelle 33: Fetale Verluste (Aborte und Frühgeburten) der bei der zweiten Trächtigkeitsuntersuchung tragenden Tiere, aufgeführt nach Betrieben.

(TU 2 +: positives Ergebnis bei der zweiten Trächtigkeitsuntersuchung)

Betrieb	Anzahl Tiere mit fetalem Verlust / Gesamtzahl Tiere mit TU 2 + n	%
1	7 / 69	10,1
2	13 / 91	14,2
3	3 / 38	7,8
4	10 / 196	5,1
5	10 / 102	9,8
gesamt	43 / 496	8,6

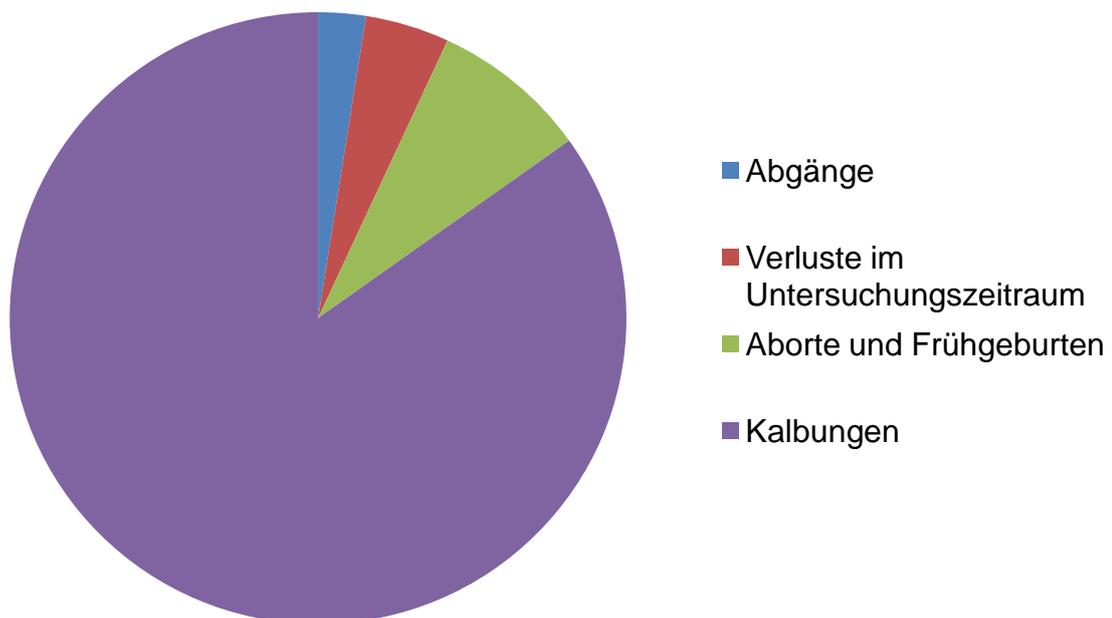


Abbildung 20: Kalberate und Graviditätsverluste von der ersten TU bis zur Kalbung, gesamt.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Fragestellung

Mit der Steigerung der Milchleistung in den letzten Jahrzehnten geht eine deutliche Fruchtbarkeitsminderung in den Milchkuhherden einher (Lucy, 2001; Diskin et al., 2006). Eine steigende spätembryonale / frühfetale Mortalitätsrate unter intensiven Haltungsbedingungen (Vanroose et al., 2000) ist neben sinkenden Besamungserfolgen hauptverantwortlich für die rückläufige Reproduktionsleistung (Diskin et al., 2006; Diskin und Morris, 2008). Eine frühzeitige und genaue Trächtigkeitsdiagnostik liefert einen Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg eines Milchviehbetriebes, da die Günstzeit und somit die Zwischenkalbezeit (ZKZ) durch die frühzeitige Erkennung von besamten, nicht tragenden Tieren und einer zeitnahen Intervention verkürzt wird (Pieterse et al., 1990). Die Sicherheit einer frühestmöglichen Trächtigkeitsdiagnose und damit die Effektivität der Reproduktionsleistung eines Betriebes wird durch das Vorkommen von embryonaler Mortalität eingeschränkt (Starbuck et al., 2004).

Die Ultraschalldiagnostik gilt in der Trächtigkeitsdiagnostik des Rindes als Goldstandard und wird mittlerweile in vielen Großtierpraxen standardmäßig eingesetzt (Pieterse et al., 1990; Müller, 2000). Sie eignet sich ausgezeichnet, um eine spätembryonale / frühfetale Mortalität zu diagnostizieren (Chaffaux et al., 1986; Bech-Sabat, 2010). Als Nachteil der frühen Trächtigkeitsfeststellung wird angeführt, dass die Gefahr des Fruchtverlustes bis zur Geburt ansteigt, sodass eine zweite Trächtigkeitsuntersuchung zu einem späteren Zeitpunkt notwendig ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, zu untersuchen, wie viele der zwischen dem 28. und dem 35. Tag als tragend diagnostizierten Tiere bei einer zweiten Trächtigkeitsuntersuchung 14 Tage später nicht mehr tragend waren. Damit soll die Sicherheit einer einmaligen, frühen positiven Trächtigkeitsdiagnostik in der Praxis ermittelt werden. Weiterhin soll analysiert werden, ob Risikofaktoren für einen spätembryonalen / frühfetalen Tod aufgezeigt werden können. Sollten objektivierbare Risikofaktoren nachweisbar sein, könnten solche gefährdeten Tiere erneut einer Trächtigkeitsuntersuchung zu einem späteren Zeitpunkt unterzogen werden oder bei diesen Tieren grundsätzlich von einer frühen Trächtigkeitsuntersuchung abgesehen werden.

5.2 Diskussion der Methodik

Es wurden insgesamt 520 Trächtigkeiten bei 463 Kühen und 54 Färsen auf fünf Betrieben in Schleswig-Holstein untersucht. Drei Tiere wurden nach erfolgter embryonaler oder fetaler Mortalität erneut tragend und konnten ein zweites Mal in die Studie aufgenommen werden. Einschlusskriterien für die Untersuchung waren der Einsatz der Besamung (kein Deckbulle in der Herde) mit bekanntem Besamungsdatum, eine positive Trächtigkeitsdiagnose bei der ersten Trächtigkeitsuntersuchung (TU 1) am 28. - 35. Tag p. i. und die Durchführung einer zweiten Trächtigkeitsuntersuchung (TU 2) exakt zwei Wochen nach der TU 1. Durch die Durchführung von Puerperal- und Sterilitätskontrollen mittels Ultraschall im Rahmen der Bestandsbetreuung in allen fünf Betrieben wurde gewährleistet, dass nur geschlechtsgesunde Kühe der Besamung zugeführt werden. Es wurden fünf Betriebe ausgewählt, um die Untersuchungen an einem heterogenen Patientengut durchzuführen und nicht an definierten Versuchstieren, damit Ergebnisse erzielt werden, die für Milchkühe unter Praxisbedingungen repräsentativ sind. Zudem sollte dadurch der Einfluss nur eines Betriebes auf die Ergebnisse vermieden werden. Gleichzeitig ist ein Vergleich der Größenordnung der spätembryonalen / frühfetalen Mortalität zwischen den Betrieben möglich. Die unterschiedlichen Betriebsgrößen (86 - 401 melkende Kühe) ermöglichen eine indirekte Betrachtung und Einflussnahme von betriebsspezifischen Einflussfaktoren auf die Trächtigkeitsverluste im Untersuchungszeitraum. Der erste Untersuchungszeitpunkt (TU 1) ergibt sich aus dem frühesten Zeitpunkt einer sicheren sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung und der darauffolgenden Woche (28. - 35. Tag p. i.) und orientiert sich damit an den unterschiedlichen Besuchstagen der Betriebe und der Notwendigkeit, in kurzer Zeit möglichst viele Tiere zu untersuchen. Der Zeitabstand von 14 Tagen zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen wurde gewählt, um den wöchentlichen oder 14-tägigen Rhythmus von Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenebene in der Praxis widerzuspiegeln.

Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen mit einem embryonalen und frühfetalen Verlust in Verbindung gebrachten Faktoren sind vielfältig und komplex. Es sollten möglichst viele dieser Risikofaktoren in ihrem möglichen Zusammenhang mit der Trächtigkeitsverlustrate im Untersuchungs-

zeitraum überprüft werden. Eine klinische Untersuchung zusätzlich zu TU und Messung der RFD wurde nur bei den Kühen durchgeführt, die laut Vorbericht des Tierhalters an einer Lahmheit oder Mastitis erkrankt waren oder während einer der TUs mit einer dieser Erkrankungen auffielen. Eine Lahmheit wurde im besamungsnahen Zeitraum in die Schweregrade 1 (geringgradig), 2 (mittelgradig) oder 3 (hochgradig) klassifiziert. Im Zeitraum zwischen beiden Trächtigkeitsuntersuchungen wurde das Vorhandensein einer Mastitis oder einer Lahmheit dokumentiert. Eine akute Mastitis wurde in Anlehnung an Santos et al. (2004a) anhand eines abnormalen Milchcharakters und/oder der Schwellung eines oder mehrerer Euterviertel diagnostiziert.

Die sonographische Trächtigkeitsuntersuchung gilt in der Rinderpraxis als etabliertes Verfahren (Kähn, 1991; Müller, 2000; Fricke, 2002; López-Gatius und García-Isperto, 2010) und wird als Goldstandard der Trächtigkeitsuntersuchung betrachtet. Dies ergibt sich daraus, dass nach Heuwieser und Müller (2000) bei Kühen eine Genauigkeit von 98 % einer sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung zwischen dem 29. und 35. Tag p. i. (post inseminationem) erreicht wird. Bei Färsen ist eine Genauigkeit von 98 % schon am 25. - 31. Tag p. i. gegeben. Damit ist die Ultraschalltechnik zum jetzigen Zeitpunkt die genaueste Methode zur Trächtigkeitsdiagnostik beim Rind. Während der sonographischen Trächtigkeitsuntersuchungen wurde auf das Vorkommen von Zwillingen geachtet und das Vorhandensein von einem oder zwei Früchten dokumentiert, da Zwillingsträchtigkeiten häufiger zum Trächtigkeitsverlust führen sollen als Trächtigkeiten mit einer Frucht (López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2006; Romano et al., 2007; Silva-del-Rio et al., 2009). Eine negative Beeinflussung der Trächtigkeit durch die zweimalige sonographische TU wird nicht erwartet (Baxter und Ward, 1997; Starbuck et al., 2004; López-Gatius und Hunter, 2005).

Die Messung der Rückenfettdicke per Ultraschall ist eine verbreitete diagnostische Maßnahme, um die Körperkondition einer Herde im Rahmen der Bestandsbetreuung zu beurteilen (Schröder und Staufenbiel, 2006). Die Methode ist einfach, nicht invasiv sowie schnell durchführbar und benötigt einen geringen Einarbeitungsaufwand. Es ist eine objektivere Methode als das Beurteilen des Body Condition Scores (BCS), um Veränderungen in der Körperkondition einer Milchkuh zu messen (Schröder und

Staufenbiel, 2006). Da ein Konditionsverlust der Tiere in der frühen Laktation in mehreren Arbeiten als erhöhtes Risiko, eine embryonale Mortalität zu erleiden, gefunden wurde (López-Gatius et al., 2002; Silke et al., 2002; Starbuck et al., 2004), wurden die Veränderungen der RFD in dieser Arbeit als mögliches Einflusskriterium auf einen Fruchtverlust untersucht.

Es muss betont werden, dass durch die geringe Anzahl von Tieren ($n = 24$) mit einem Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum und die relativ große Anzahl von erfassten Risikofaktoren die Probandenzahlen für die Berechnung von statistisch signifikanten Zusammenhängen sehr gering waren. Für alle in dieser Arbeit untersuchten Risikofaktoren gilt, dass diese in einem begrenzten Zeitraum beobachtet und erfasst wurden. So ist es z. B. denkbar, dass bestimmte Risikofaktoren erst bei einer zusätzlichen Einwirkung von Hitzestress zu einer Erhöhung der Fruchtverluste führen.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Tiere

Die geringe Anzahl der in die Studie eingeschlossenen Färsen ergab sich aus der Tatsache, dass in drei der fünf Betriebe (Betrieb 1 - 3) ein Teil der Färsen mittels Besamung belegt wird. In Betrieb 4 und 5 werden die Färsen von einem Deckbulln belegt und wurden daher auf Grund der Einschlusskriterien nicht berücksichtigt.

5.3.2 Fruchtverluste

Es wurde eine Trächtigkeitsverlustrate von 4,6 % vom 28. - 49. Tag nach der Besamung ermittelt. Dies deckt sich mit den 3,2 % aus einer Studie von Silke et al. (2002), die einen ähnlichen Untersuchungszeitraum vom 28. - 42. Tag nach der Besamung umfasste. Studien, die Trächtigkeitsverluste zwischen TU und sicherer Etablierung der Trächtigkeit an Tag 60/90 nach der Besamung analysierten, diagnostizierten im Zeitraum 28. - 63. Tag nach der Besamung Verlustraten von 10 - 12 % (Vasconcelos et al. 1997; Starbuck et al., 2004; Santos et al., 2004b; BonDurant, 2007). Die höhere Verlustrate ist hier eventuell durch einen längeren Untersuchungszeitraum, in den entsprechend mehr Fruchtverluste fallen, zu erklären.

Der Hauptteil der spätembryonalen / frühfetalen Verluste findet bis zum 60. Tag p. i. statt (López-Gatius et al., 2004b; López-Gatius et al., 2005b). In der vorliegenden Arbeit traten bei den 520 eingeschlossenen Tieren bis zur Kalbung insgesamt 68 Fruchtverluste auf, und zwar 4,6 % (n=24) im Untersuchungszeitraum und 8,8 % (n=44) als Aborte, Frühgeburten und einem mumifizierten Kalb. Damit kalbten 86,9 % der insgesamt eingeschlossenen Tiere ab. 13 Tiere (2,6 %) gingen vorzeitig ab.

Auffallend ist, dass in vielen Arbeiten mit ähnlichem Untersuchungszeitraum die Verlustrate höher ausfällt als in den eigenen Untersuchungen. Es wird von Verlustraten von 14,7 % (Humblot, 2001) über 17 % (Hernandez et al., 2012) bis zu 28 % (Cartmill et al., 2001b) und sogar 42,7 % (Cartmill et al., 2001a) berichtet. Die hohen Werte entstanden unter dem Einfluss von Hitzestress und lassen sich nur bedingt mit den eigenen Ergebnissen vergleichen. Die in den eigenen Untersuchungen festgestellte Trächtigkeitsverlustrate liegt im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte und ist als relativ gering einzustufen. Dabei könnte die durchschnittliche Herdenleistung von unter 10 000 l in allen Betrieben eine Rolle spielen. In den meisten Vergleichsarbeiten mit höheren Verlustraten ist auch die Milchleistung der Kühe höher. Die hohe Milchleistung könnte auf indirektem Weg einen negativen Einfluss auf die Überlebensrate der Früchte haben.

Hinsichtlich des Zeitpunktes der Trächtigkeitsuntersuchungen ist hervorzuheben, dass 25 % (n = 6) der Fruchtverluste der frühesten Untersuchung am 28. und 42. Tag p. i. zuzuordnen sind. Nur 4,2 % (n = 1) der Verluste fanden zwischen dem 35. und dem 49. Tag p. i. statt. Insgesamt sind die Fruchtverluste auf die Untersuchungszeiträume mit Ausnahme der frühesten (28. / 35. Tag p. i.) und der spätesten (35. / 49. Tag p. i.) Untersuchung relativ gleichmäßig verteilt. Die im Vergleich hohe Verlustrate im frühestmöglichen Zeitraum (28. / 35. Tag p. i.) und die niedrige Verlustrate im spätesten Zeitraum (35. / 49. Tag p. i.) lassen sich durch die sinkende spätembryonale / frühfetale Mortalitätsrate mit fortschreitender Trächtigkeitsdauer erklären (Santos et al., 2004b). Daraus folgt, dass eine am 30. Tag p. i. diagnostizierte Trächtigkeit wahrscheinlicher bestehen bleibt als eine am 28. Tag diagnostizierte Trächtigkeit. Vor dem Hintergrund von Fruchtverlusten sollte in der Praxis ab dem 30. Tag p. i. eine Frühdiagnostik betrieben werden.

5.3.3 Einfluss der Milchleistung

Es konnte in der Milchleistung in der Gruppe der Tiere mit und ohne einen Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum mittels der schrittweisen multiplen logistischen Regression kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p = 0,92$). In der Literatur gibt es keine Hinweise darauf, dass eine hohe Milchleistung direkt die spätembryonale / frühfetale Mortalitätsrate beeinflusst (López-Gatius et al., 2002; López-Gatius et al., 2004a; Silke et al., 2002; Chebel et al., 2004; Santos et al., 2004b). Die negativen Effekte einer (hohen) Milchleistung auf die Fertilität der Milchkuh scheinen zu früheren Zeitpunkten, nämlich während der Konzeption und auf den bis zu zwei Wochen alten Embryo, wirksam zu sein (Sartori et al., 2002; Silke et al., 2002) und waren somit in der vorliegenden Arbeit nicht messbar.

5.3.4 Einfluss der Gützeit

In der vorliegenden Arbeit zeigten sich durchschnittliche Gützeiten von 128,6 Tagen für die Gruppe Tiere, die im Untersuchungszeitraum einen Trächtigkeitsverlust erfuhren, und von 113,6 Tagen für die Gruppe, die im Untersuchungszeitraum keinen Trächtigkeitsverlust erfuhren. Beide Werte liegen über dem geforderten Ziel von durchschnittlich 105 Tagen (Mansfeld et al., 1999), ähneln aber denen in anderen Studien (López-Gatius et al., 1996; López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2004b). Es ist zu beachten, dass eine sehr breite Streuung der Gützeiten von 34 bis 462 Tagen in beiden Gruppen vorliegt.

Es konnte mittels schrittweiser multipler logistischer Regression zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p = 0,93$). Dies deckt sich mit der Aussage verschiedener Arbeiten, nach denen die Länge der Gützeit keinerlei Einfluss auf die embryonale Mortalitätsrate hat (Labérbia et al., 1996; López - Gatius et al., 2002; Silke et al., 2002; Starbuck et al., 2004; López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2004b; García-Ispierto et al. 2006, Bech-Sàbat et al., 2008). Eine Ausnahme ist eine Studie von Moore et al. (2005), in der ein Zusammenhang zwischen der Länge der Gützeit und der embryonalen Mortalitätsrate zwischen dem 23. - 27. Tag p. i. beschrieben ist. Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Die Autoren vermuten intrinsische

Faktoren bei Tieren mit langen Gützeiten als Ursache für eine Infertilität bzw. embryonale Mortalität, ohne diese näher zu beschreiben.

5.3.5 Einfluss von Zwillingsgraviditäten

Die Zwillingsgraviditätsrate betrug 1,5 % ($n = 8 / 520$). Laut Literatur ist eine Zwillingsgraviditätsrate von 1,4 - 9 % zu erwarten (Kinsel et al., 1998; Fricke und Wiltbank, 1999; Johanson et al., 2001). Damit liegt die Zwillingsgraviditätsrate in den eigenen Untersuchungen im unteren zu erwartenden Bereich. Nach Kinsel et al. (1998) ist das Risiko einer Zwillingsgravidität bei Kühen mit mehreren Laktationen deutlich höher als bei Färsen und jungen Kühen. Die im Vergleich recht niedrige Zwillingsgraviditätsrate lässt sich daher möglicherweise durch das geringe Durchschnittsalter der Probandinnen erklären. Bei den nach Kalbungen diagnostizierten insgesamt 13 Zwillingsgraviditäten handelt es sich um sechs Kühe mit > 3 Laktationen, vier Kühe in der 1. oder 2. Laktation und drei Färsen. In der vorliegenden Arbeit blieben alle Zwillingsgraviditäten im Untersuchungszeitraum bestehen. Es konnte mit dem zweiseitigen Test von Fisher kein Unterschied zwischen den Gruppen der Tiere mit und ohne Fruchtverlust nachgewiesen werden ($p = 1,0$). Bech-Sàbat et al. (2008) konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der frühfetalen Mortalitätsrate vom 42. bis zum 90. Tag und dem Vorkommen von Zwillingsgraviditäten feststellen. Eine mögliche Erklärung für das Bestehenbleiben der Zwillingsgraviditäten im Untersuchungszeitraum könnte die ausreichende Versorgung der Tiere mit Energie und Nährstoffen sein, wodurch keine ausgeprägte Konkurrenz der Konzepte um Nährstoffe entstand. Die z. T. langen Gützeiten unterstützen diese These, denn ein Energiemangel besteht im Normalfall nur in den ersten Monaten p. p..

Zwillingsgraviditäten führen 3 - 7mal häufiger zum Absterben der Früchte als Einlingsgraviditäten (López-Gatius et al., 2002; López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2006; Romano et al., 2007; Silva-del-Rio et al., 2009). Allerdings kommt es nach López-Gatius et al. (2004b; 2005b) bei Zwillingsgraviditäten zu einem späteren Zeitpunkt (bis zum 90. Tag p. i.) zum Absterben der Früchte als bei einzelnen Früchten (bis zum 60. Tag p. i.). Dies erklärt, warum im Untersuchungszeitraum alle Zwillingsgraviditäten bestehen blieben und erst danach

einen Fruchtverlust erfahren. Eine praktische Folgerung, die aus dem späteren Absterben von Zwillingsträchtigkeiten gezogen werden sollte, ist die genauere Überwachung von Kühen, die mit Zwillingen tragend sind und eine Bestätigung der Trächtigkeit mit einer Untersuchung um den 90. Tag p. i.. Zwillingsträchtigkeiten sind immer als Risikoträchtigkeiten einzustufen und müssen im Herdenmanagement zu entsprechenden Maßnahmen führen (früheres Trockenstellen, genaue Geburtsüberwachung, besondere Aufmerksamkeit in der prä- und postpartalen Periode).

Fünf Kühe, die laut sonographischer Trächtigkeitsuntersuchung mit einer Frucht tragend waren, brachten Zwillinge zur Welt. Dieser diagnostische Fehler trat in ähnlicher Form in einer anderen Studie auf, in der 13 Tiere mit einer bestehenden Zwillingsträchtigkeit im Rahmen von zwei Trächtigkeitsuntersuchungen (25. - 40. Tag und 48. - 82. Tag p. i.) mittels Ultraschall als Trächtigkeiten mit einer Frucht eingestuft und erst in der zweiten Trächtigkeitsuntersuchung als Zwillingsträchtigkeiten erkannt wurden (Silva - del - Rio et al., 2009). Damit sind in den eigenen Untersuchungen 38,5 % der Zwillinge falsch als Einlinge diagnostiziert worden, bei Silva - del - Rio et al. (2009) beträgt der Wert 13,3 % zwischen zwei Trächtigkeitsuntersuchungen. Die Anzahl der Früchte bei der Abkalbung dokumentierte die Studie nicht. Die hohe Fehldiagnoserate bei Zwillingsträchtigkeiten verdeutlicht die Unerlässlichkeit einer sehr genauen Trächtigkeitsuntersuchung sowie die Schwierigkeit, eine Zwillingsträchtigkeit zu diagnostizieren (López-Gatius, 2012). Bech-Sabàt et al. (2010) betonen die Notwendigkeit einer sehr genauen und gründlichen Trächtigkeitsuntersuchung, um Zwillinge und zusätzliche Corpora lutea zu erfassen. Möglicherweise befanden sich unter den im Untersuchungszeitraum abgestorbenen Embryonen oder den später abgestorbenen Früchten auch unerkannte Zwillingsträchtigkeiten, sodass die Zwillingsträchtigkeitsrate und die Fruchtverlustrate in der vorliegenden Arbeit unterschätzt worden sein könnten.

Zwei Kühe, die laut sonographischer Trächtigkeitsuntersuchung mit Zwillingen tragend waren, brachten ein Kalb zur Welt. Hier muss es zur embryonalen oder fetalen Mortalität eines Zwillinges gekommen sein, während der andere Zwilling ausgetragen wurde. In Studien von López-Gatius und Hunter (2005) bzw. Silva-del-Rio et al. (2009) war dies bei 13 von 211 bzw. bei 11 von 98 Zwillingsträchtigkeiten der Fall.

5.3.6 Einfluss der Veränderungen der Körperkondition

Zum Zeitpunkt von beiden Trächtigkeitsuntersuchungen erfolgte die Messung der Rückenfettdicke, um exakt und objektiv die Körperkondition und die Entwicklung derselben zwischen den beiden Untersuchungsterminen zu erfassen. Es zeigte sich insgesamt eine niedrige Körperkondition der untersuchten Tiere: Der konditionelle Tiefpunkt der Herde sollte nach Staufenbiel (1997) bei 13 mm Rückenfettdicke (RFD) liegen. Dieser Wert wird bei der ersten RFD - Messung von der Gruppe Tiere, die im Untersuchungszeitraum keinen Trächtigkeitsverlust erfuhren ($n = 496$), mit durchschnittlich 12,9 mm leicht unterschritten. In der zweiten Messung 14 Tage später weist dieselbe Gruppe einen Mittelwert von 13,1 auf. Auffallend ist eine sehr breite Streuung, vor allem in der zweiten RFD - Messung, in dieser Gruppe. Es traten Werte von 6 bis 34 mm auf. Dies zeigt eine sehr heterogene Verteilung der Körperkondition, was sich zum Teil mit den bei Einzeltieren extrem langen Gützeiten (Maximum: 403 Tage) und einer entsprechenden Verfettung der Tiere und zu einem größeren Teil mit einer deutlichen Unterkonditionierung der Tiere erklären lässt. In der Gruppe der Tiere, die im Untersuchungszeitraum einen Trächtigkeitsverlust erfuhren ($n = 24$), ist der Mittelwert der ersten RFD - Messung 14,4 und in der zweiten Messung 13,1 mm. Diese Tiere verloren im Durchschnitt zwischen den beiden Messungen leicht an Körpermasse. Nach Schröder und Staufenbiel (2003) sollte der Fettabbau spätestens 100 Tage p. p. zum Stillstand kommen. Ein potentieller Einfluss von Körperkonditionsverlusten auf einen Trächtigkeitsverlust ist bekannt (López-Gatius et al., 2002; Silke et al., 2002; Starbuck et al., 2004), es konnte in der vorliegenden Studie allerdings mittels schrittweiser multipler logistischer Regression kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden. Hierbei muss beachtet werden, dass die Untersuchungszeiträume der genannten Studien sich von den eigenen Untersuchungen unterscheiden und deshalb nicht unmittelbar vergleichbar sind. Wie im Folgenden erläutert, untersuchen andere Studien längere Zeiträume als den zweiwöchigen Abstand in der vorliegenden Untersuchung. López-Gatius et al. (2002) berichten von einem 2,4 fach höheren Risiko eines Trächtigkeitsverlustes zwischen dem 38. und dem 90. Tag p. i., wenn es zwischen der vorangegangenen Geburt und dem 30. Tag p. p. zu einem Body Condition Score (BCS) - Verlust von einer Einheit gekommen war. Silke et al. (2002) beurteilten die BCS - Entwicklung zwischen dem

28. und dem 56. Tag p. i. in 14 - tägigen Abständen. Starbuck et al. (2004) beurteilten den BCS nur einmalig zum Zeitpunkt der ersten Trächtigkeitsuntersuchung (28. - 37. Tag p. i.). Ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit konnten Moore et al. (2005) trotz fünfmaligen Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten von der Besamung bis zum 41. Tag p. i. keinen Zusammenhang zwischen embryonaler Mortalität und BCS-Verlusten nachweisen. Möglicherweise hätten häufigere RFD-Messungen und ein längerer Abstand zwischen den Messungen in der vorliegenden Arbeit einen genaueren Verlauf der Körperkonditionsentwicklung widerspiegeln können. In allen genannten Studien wurde der BCS beurteilt und nicht wie in den eigenen Untersuchungen die RFD gemessen, was zur Beurteilung der Körperkondition als objektivere Methode gilt (Schröder und Staufenberg, 2006).

Es ist bekannt, dass die Milchleistung Einfluss auf die Körperkondition nehmen kann (Humblot, 2001; Schröder und Staufenberg, 2003). Damit sind indirekte negative Effekte einer hohen Milchleistung auf die Fruchtbarkeit sowie das embryonale Überleben möglich. In der vorliegenden Arbeit kann vermutet werden, dass die nachteiligen Effekte einer negativen Energiebilanz (NEB) p. p. als Folge einer hohen Milchleistung und einer nicht ausreichenden Futteraufnahme ein Absterben der Embryonen bereits vor der ersten Trächtigkeitsuntersuchung bewirkte. Dies könnte auch die z. T. langen Gützeiten erklären, da betroffene Tiere in der Folge mehrmals wieder besamt werden mussten. Bei den in der ersten Trächtigkeitsuntersuchung als tragend erkannten Tieren ist davon auszugehen, dass bei diesen der Zeitraum der NEB bereits überschritten war und aus energetischer Sicht die Trächtigkeit beibehalten werden konnte. Dies wird durch die Tatsache gestützt, dass kein extremer Körpermasseabbau beobachtet wurde. Die Gruppe der Tiere, die im Untersuchungszeitraum einen Fruchtverlust erfuhren, tendierten zwischen beiden Untersuchungen zu einem Körpermasseverlust. Auch wenn dieser Verlust nicht statistisch signifikant ist, deutet er auf einen Energiemangel und damit auf ein erhöhtes Fruchtverlustrisiko hin. Es ist denkbar, dass bei Tieren mit extremem Körperkonditionsverlust p. p. der Embryo vor der frühestmöglichen TU abstirbt, sodass entsprechende Tiere zur ersten TU schon nicht mehr tragend waren und nicht in die Untersuchung eingeschlossen wurden.

5.3.7 Einfluss der Anzahl der Laktationen und des Alters

Mit einer mittleren Laktationszahl von 2,5 (Tiere mit Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum) bzw. 2,0 (Tiere ohne Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum) sind die in die Arbeit eingeschlossenen Tiere auffallend jung. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass sich drei der fünf Betriebe zur Zeit der Untersuchungen durch Stallneubauten in einer Phase des Wachstums befanden und der Alters- und Laktationsdurchschnitt der Herde dadurch gesenkt wurde, dass Färsen zugekauft und in die Herden integriert wurden. Vergleichbare Werte finden sich in zahlreichen Studien (López-Gatius et al., 2002; López-Gatius et al., 2004b).

Die Tiere, die im Untersuchungszeitraum einen Trächtigkeitsverlust erfuhren, waren mit durchschnittlich 49,7 Monaten älter als die Tiere, die im Untersuchungszeitraum ihre Frucht behielten (durchschnittliches Alter: 44,1 Monate). Ein statistisch signifikanter Unterschied mittels schrittweiser multipler logistischer Regression zwischen den beiden Gruppen konnte allerdings nicht nachgewiesen werden ($p = 0,65$). In einer Studie von Starbuck et al. (2004) haben ältere Kühe ein höheres Risiko eines embryonalen / frühfetalen Fruchtverlustes als jüngere Kühe. Die Autoren erklären dies mit einer meist besseren Körperkondition von älteren Kühen und einer dadurch bedingten niedrigeren Plasmaprogesteronkonzentration in der fünften Woche p. i. dieser Tiere. Da in der vorliegenden Arbeit die Progesteronkonzentration nicht untersucht wurde, kann ein solcher Zusammenhang nur vermutet werden. Es muss in Betracht gezogen werden, dass durch das niedrige Durchschnittsalter beider Gruppen altersbedingte embryonale / frühfetale Mortalität nicht in ausreichendem Maß aufgetreten ist, um Zusammenhänge aufzeigen zu können. Ein Grund für die in den eigenen Untersuchungen nicht nachgewiesenen häufigeren Trächtigkeitsverluste älterer Tiere könnte sein, dass diese vor den Untersuchungen als unfruchtbar eingestuft und gemerzt wurden. Die Unfruchtbarkeit könnte unter anderem durch embryonale oder frühfetale Mortalität zu erklären sein.

Bei den Probandinnen mit einem Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum handelte es sich um eine Färse (4,2 %) und 23 Kühe (95,8 %). Laut Angaben in der Literatur war dieses Ergebnis zu erwarten. Laktierende Kühe haben eine deutlich höhere embryonale Mortalitätsrate als Färsen (Labèrnia et al., 1996; Romano et al.

2007; Santos et al. 2004b). Auf ähnliche Ergebnisse kamen Starbuck et al. (2004). Alle untersuchten Färsen blieben tragend, junge Kühe tendierten zu einem geringeren Trächtigkeitsverlust als ältere Kühe. Die Häufigkeit der embryonalen und frühfetalen Mortalität nimmt nach Humblot (2001) mit steigender Parität zu. Nachweislich haben laktierende Kühe deutlich lebensschwächere Embryonen als nicht laktierende Kühe und Färsen (Sartori et al., 2002) und Fleischrinder weisen eine niedrigere embryonale Mortalitätsrate auf als Milchkühe (Beal et al., 1992). Der Grund dafür ist weitgehend unklar. Eine mögliche Erklärung für diese indirekten negativen Effekte von Milchproduktion auf das Überleben von Embryonen liefern Bech-Sábat et al. (2008) mit der Hypothese, dass mit steigendem Alter die Höhe der Milchleistung und damit die Futteraufnahme sowie der Leberstoffwechsel steigen. In Folge des erhöhten Leberstoffwechsels werden die miteinander positiv korrelierten Plasmaprogesteron- und trächtigkeitsassoziierten Glykoprotein (PAG)-Spiegel und damit die embryonale Überlebensrate negativ beeinflusst.

Dagegen konnten Silke et al. (2002) wie in der vorliegenden Arbeit keinen Unterschied der embryonalen Mortalitätsrate zwischen Färsen und Kühen sowie zwischen Kühen mit vielen Laktationen und Färsen bzw. jungen Kühen mit wenigen Laktationen nachweisen. In der vorliegenden Arbeit konnte ein statistisch signifikanter Unterschied mittels des Pearson-Chi-Quadrat-Tests zwischen den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum bei Kühen und denen bei Färsen ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Ebenso konnte kein Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlust und Laktationszahl gezeigt werden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von López-Gatius et al. (2004a), Moore et al. (2005) und Bech-Sábat et al. (2008), wonach die Parität keinen Einfluss auf die embryonale Mortalität hat.

5.3.8 Einfluss des Verlaufs der letzten Kalbung

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der letzten Kalbung und den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum konnte mittels des exakten Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests nicht nachgewiesen werden. In der Literatur finden sich keine Angaben über einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der vorangegangenen Kalbung und einem Trächtigkeitsverlust im spätembryonalen / frühfetalen Zeitraum. Allerdings werden Erkrankungen im

Frühpuerperium, denen häufig eine Schweregeburt vorausgeht, mit einer erhöhten embryonalen Mortalitätsrate in Verbindung gebracht: Kühe mit Nachgeburtsverhaltung und Pyometra haben ein 1,8 bzw. 2,6fach erhöhtes Risiko eines Trächtigkeitsverlustes unabhängig von der Länge der Günstzeit, womit ein Langzeiteffekt von postpartalen Komplikationen auf die Fruchtbarkeit als bewiesen gilt (López-Gatius et al., 1996).

5.3.9 Einfluss hormoneller Vorbehandlungen

Ein Zusammenhang zwischen einer vorangegangenen Hormonbehandlung und einem Trächtigkeitsverlust im Untersuchungszeitraum konnte mittels des exakten Fisher-Test nach dem Freeman-Halton-Prinzip nicht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse decken sich mit den Angaben in der Literatur, wonach kein Einfluss von Hormoneinsatz oder Hormonprogrammen auf nachfolgende Trächtigkeitsverluste besteht (Cartmill et al., 2001b; Lopez-Gatius et al., 2002; Santos et al., 2004a; Starbuck et al., 2004; Moore et al., 2005).

Es gibt in der Literatur jedoch Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen dem Einsatz von $\text{PGF}_{2\alpha}$ zur Östrussynchronisation und dem Entstehen von Zwillingsgraviditäten (Kinsel et al., 1998; López-Gatius et al., 2002) und damit einer erhöhten Gefahr von Fruchtverlusten durch die auftretenden Zwillingsgraviditäten. Da in den eigenen Untersuchungen nicht alle Zwillingsgraviditäten erkannt wurden, kann anhand der höheren Anzahl an mit $\text{PGF}_{2\alpha}$ behandelten Tiere in der Gruppe mit Fruchtverlust, die möglicherweise unerkannt mit Zwillingen trächtig waren und aufgrund dessen einen Fruchtverlust erfuhren, ein solcher Zusammenhang nur vermutet werden.

5.3.10 Einfluss von Krankheiten (Lahmheit, Mastitis)

Aufgrund der Tatsache, dass entzündliche Vorgänge im Körper als Ursache für embryonale Mortalität verantwortlich sein können (Moore, 2005), wurde von allen Probandinnen das Vorliegen einer Mastitis und einer Lahmheit sowohl im Zeitraum vor und zur Besamung als auch zwischen TU 1 und TU 2 erfasst.

Das Vorhandensein einer Lahmheit im Zeitraum sieben Tage vor der Besamung bis einschließlich dem Tag der Besamung war in den Gruppen der Tiere mit und ohne

Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum ähnlich. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum und Lahmheiten sieben Tage vor der Besamung bis einschließlich dem Tag der Besamung nachgewiesen werden. In einer Studie von López-Gatius et al. (2002) konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen Trächtigkeitsverlusten zwischen dem 38. und dem 90. Tag p. i. und im selben Zeitraum aufgetretenen Lahmheiten festgestellt werden.

Nach Chebel et al. (2004) birgt eine Mastitis, die vor oder nach der Besamung auftritt, ein Risiko für das Auftreten einer embryonalen Mortalität. Nach Barker et al. (1998) und Hansen et al. (2004) spielt dabei eine durch Lipopolysaccharide (LPS), Proteoglykane und andere Moleküle bakterieller Herkunft ausgelöste Zytokinproduktion aus der Milchdrüse und möglicherweise den Reproduktionsorganen eine wesentliche Rolle. Die Zytokine greifen in endokrine Regelkreise der Hypothalamus-Hypophysen-Ovarachse ein und haben durch die Reduzierung oder Unterbrechung der Progesteronproduktion durch den C. I. einen Fruchtverlust zur Folge. Der Vergleich der Prävalenz einer Mastitis und deren Einfluss auf frühe Trächtigkeitsverluste mit anderen Arbeiten gestaltet sich schwierig, da die Erfassungszeiträume für das Auftreten einer klinischen Mastitis während der Laktation sehr unterschiedlich sind (Chebel et al., 2004; Moore et al., 2005). Es fehlen Studien, in denen die Effekte einer klinischen Mastitis zu verschiedenen Zeitpunkten vor oder nach der Besamung auf Trächtigkeitsverluste untersucht werden (Hernandez et al., 2012). Der Zeitpunkt vor oder in der Trächtigkeit, zu der die Mastitis auftritt, ist nach Santos et al. (2004a) von entscheidender Bedeutung. Zusätzlich spielen die Dauer einer Mastitis und die Begleitumstände, allen voran ein Körperkonditionsverlust, eine Rolle (Hernandez et al., 2012). In der vorliegenden Arbeit konnte mittels des exakten zweiseitigen Fisher-Tests kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Trächtigkeitsverlusten und dem Vorkommen einer Mastitis nachgewiesen werden.

Im Zeitraum zwischen beiden Trächtigkeitsuntersuchungen wurde sowohl das Vorkommen von Mastitis als auch von Lahmheiten dokumentiert. Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum und dem Auftreten einer Lahmheit oder Mastitis im Zeitraum zwischen TU 1 und TU 2 nachgewiesen werden ($p = 0,74$). Eine Erklärung dafür

könnte sein, dass die Trächtigkeit in diesem Zeitraum besser etabliert und deutlich weniger störanfällig ist als zu früheren Zeitpunkten. So konnten Santos et al. (2004a) und Chebel et al. (2004) zeigen, dass eine klinische Mastitis zwischen Besamung und früher TU negativere Effekte auf das Überleben der Frucht hat als zu allen anderen Zeitpunkten in der Laktation. Zum Effekt von Lahmheiten gibt es in diesem Zusammenhang keine zeitpunktabhängigen Untersuchungen.

Es ist anzumerken, dass Mastitis und Lahmheit im Rahmen dieser Arbeit erfasst wurden, um entzündliche Vorgänge im Körper als Risikofaktor für Trächtigkeitsverluste zu untersuchen. Zusätzlich ist ein indirekter Effekt von Lahmheiten oder Mastitiden durch eine Reduktion der Trockenmasseaufnahme möglich. Nach Moore et al. (2005) kann schon eine erhöhte somatische Zellzahl, also eine subklinische Mastitis, zu embryonalen Verlusten führen. Tiere mit erhöhter Zellzahl sind in der eigenen Untersuchung nicht erfasst worden. Durch die in einem Großteil der Fälle sehr zeitnahe Behandlung von akuten Mastitiden und Lahmheiten mit nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAIDs = non steroidal antiinflammatory drugs) und ggf. einer antibiotischen Behandlung ist es naheliegend, dass es in den eigenen Untersuchungen zu einer Hemmung der Prostaglandinsynthese und damit zur Erhaltung der Trächtigkeit gekommen ist. Der Einsatz von NSAIDs zur Verbesserung der Trächtigkeitsrate und Verhinderung der Luteolyse durch Entzündungsprodukte wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Der Einsatz von Flunixin meglumine am 14. / 15. und 15. / 16. Tag p. i. ergab bei gesunden Färsen keinen Unterschied in der Trächtigkeitsrate (Krüger und Heuwieser, 2010). Giri et al. (1999) dagegen konnten Trächtigkeiten nach einer E. coli-Endotoxininfusion im ersten Trimester durch zweimalige Flunixin meglumine-Applikation erhalten. Die Infusion von E. coli-Endotoxin führte bei den unbehandelten Kontrolltieren zu einem Trächtigkeitsverlust.

5.3.11 Einfluss des Betriebes

Es zeigte sich ein Unterschied zwischen den Betrieben hinsichtlich des Fruchtverlustes im Untersuchungszeitraum. Diese Unterschiede sprechen für die Tatsache, dass es sich bei spätembryonaler und frühfetaler Mortalität um ein multifaktorielles, vielschichtiges Problem handelt, dessen Einzelursachen schwierig zu identifizieren und zu spezifizieren sind und die in jedem Betrieb mit unterschiedlichen Folgen zusammenwirken (Vanroose et al., 2000; Moore et al.,

2005). Die Unterschiede zwischen den Betrieben, die mittels der schrittweisen multiplen logistischen Regression berechnet wurden, waren statistisch nicht signifikant. In einer Studie mit 44 untersuchten Herden (Humblot, 2001) und einer weiteren Studie mit neun Herden (Labèrnia et al., 1996) wurden ebenfalls starke Herdeneffekte auf die früh- und spätembryonale Mortalität deutlich. Dagegen konnten betriebliche Unterschiede in der spätembryonalen Mortalität von Starbuck et al. (2004) in zwei Herden, López-Gatius et al. (2004a) in drei Herden, Bech - Sàbat et al. (2008) in zwei Herden, und Hernandez et al. (2012) in drei Herden nicht festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung für den fehlenden Herdeneffekt in der eigenen Arbeit und den letztgenannten Studien könnte die geringere Anzahl der untersuchten Herden sein. Zusätzlich sind die Studien aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungszeiträume bedingt vergleichbar. Labèrnia et al. (1996) untersuchten die Tiere erstmalig zwischen dem 30. und dem 70. Tag p. i. und zum zweiten Mal zwischen dem 120. und 150. Tag p. i. Hier waren sowohl die Spanne der Untersuchungszeiträume als auch der zeitliche Abstand zwischen den Untersuchungen deutlich länger als beispielsweise in den Studien von Bech-Sàbat et al. (2008), López-Gatius et al. (2004a) und Starbuck et al. (2004), die deutlich kürzere Untersuchungszeiträume von maximal sechs Tagen und die abschließende Untersuchung maximal am 90. Tag p. i. durchführten.

Aufgrund der deutlichen Unterschiede der Verlustrate zwischen den Betrieben sollte in Betrieben mit hoher embryonaler Verlustrate bezüglich des Zeitpunktes der Trächtigkeitsfeststellung ein späterer Zeitpunkt als bei Betrieben mit niedriger embryonaler Verlustrate gewählt werden. Zur Abschätzung der betriebsspezifischen embryonalen Verlustrate eignen sich ähnliche Untersuchungszeiträume einer zweimaligen Trächtigkeitsuntersuchung wie in der vorliegenden Arbeit. Betriebe mit niedriger Verlustrate im Untersuchungszeitraum können die Vorteile einer sehr frühen einmaligen Trächtigkeitsdiagnostik nutzen. Da sich keine kuhspezifischen Risikofaktoren für einen Trächtigkeitsverlust darstellen ließen, sollte die frühe TU bei allen Tieren durchgeführt werden.

Betriebe mit mittlerer und hoher Verlustrate wie Betrieb 5 und 2 sollten sich bei der Nutzung einer frühen Trächtigkeitsdiagnostik zur Erkennung von nicht tragenden Tieren die festgestellten Trächtigkeiten mit einer zweiten Untersuchung um den 45. Tag bestätigen lassen. Laut Angaben in der Literatur hat sich diese

Vorgehensweise etabliert. Mehrere Autoren (Vasconcelos et al., 1997; Mansfeld et al., 1999; López-Gatius et al., 2004a; Bech-Sàbat et al., 2010; López-Gatius et al., 2009) empfehlen, nach einer am 28. Tag oder ähnlich früh durchgeführten Trächtigkeitsdiagnose mit positivem Ergebnis die Trächtigkeit um den 60. oder den 90. Tag zu bestätigen. Ab diesem Zeitraum ist das Risiko eines Trächtigkeitsverlustes unter normalen Bedingungen und ohne das Vorhandensein eines infektiösen Agens minimal (Santos et al., 2004b; López-Gatius et al., 2004a; López-Gatius et al., 2009). Alternativ kann eine einmalige Trächtigkeitsdiagnose nach sicherer Etablierung der Trächtigkeit um den 60. Tag erfolgen. Dies hat den Nachteil, dass nicht tragende Kühe bis zur erneuten Besamung eine recht lange Gützeit aufweisen. Zusammenfassend ist zu sagen, dass der optimale Zeitpunkt für die Trächtigkeitsdiagnostik betriebsspezifisch festzulegen ist.

5.4 Aborte und Geburten

Von 496 Tieren, die in der zweiten Trächtigkeitsuntersuchung als tragend diagnostiziert worden waren, kalbten 439 Tiere (88,5 %) nach einer regulären Trächtigkeitsdauer (durchschnittlich 281,7 Tage) ab. Die Verluste durch Aborte (29 Tiere) und Frühgeburten (14 Tiere) betragen 8,6 %. Forar et al. (1995) rechnen mit 0,4 - 10,6 % fetalen Verlusten. Baxter und Ward (1997) verfolgten in einer Studie die Trächtigkeiten von 837 Kühen, die zwischen dem 28. und dem 114. Tag p. i. tragend diagnostiziert wurden, bis zur Geburt oder dem Fruchtverlust. Es kalbten 791 Kühe ab. Die fetale Verlustrate betrug 5,5 % und war gleich hoch für jüngere und ältere Tiere sowie für die unterschiedlichen Gestationsdauern bei der ersten Trächtigkeitsuntersuchung. In einer Zusammenfassung von zehn Studien errechnen Santos et al. (2004b) für laktierende Kühe eine mittlere Verlustrate von 10,7 % zwischen dem 56. Tag p. i. und der Geburt. Damit liegen die in den vorliegenden Untersuchungen festgestellten fetalen Verluste im oberen Drittel des zu erwartenden Bereichs.

Zwischen den Betrieben zeigen sich deutliche Unterschiede bezüglich der fetalen Verluste. Sie schwanken zwischen 5,1 % und 14,2 %. Dabei zeigen Betriebe mit niedrigen Fruchtverlusten im Untersuchungszeitraum (Betrieb 4 und 3) auch niedrige fetale Verlustraten, während Betriebe mit mittleren und relativ hohen Verlusten im Untersuchungszeitraum (Betrieb 5 und 3) auch im Vergleich hohe fetale Verluste aufweisen. Möglicherweise ist dies ein Hinweis darauf, dass Umwelt- und Managementfaktoren, die das embryonale Überleben positiv beeinflussen, auch das weitere Überleben der Frucht bis zur Geburt fördern. Eine Ausnahme bildet Betrieb 1 mit der niedrigsten Verlustrate im Untersuchungszeitraum und hohen fetalen Verlusten.

5.5 Offene Fragestellungen

In der vorliegenden Arbeit wurden die Fruchtverluste zwischen zwei Terminen der Trächtigkeitsuntersuchung beleuchtet. Es konnte ein aktuelles Bild der Sicherheit einer sehr frühen Trächtigkeitsuntersuchung in fünf Betrieben in Schleswig-Holstein festgehalten werden. Aufschlussreich wäre es, die Ergebnisse dieser Arbeit mit ähnlichen Untersuchungen an Milchkühen anderer Rassen und Regionen zu vergleichen.

Die Wahl sehr unterschiedlicher Untersuchungszeiträume in der Vielzahl existierender Arbeiten zum Thema Trächtigkeitsverluste erschwert den direkten Vergleich von Verlustraten und unterschiedlichen Einflussfaktoren innerhalb der verschiedenen Zeiträume. Die Einführung von standardisierten Untersuchungszeiträumen könnte den Vergleich und die Auswertung erleichtern.

Beim Studium der Literatur hat sich gezeigt, dass zur Diagnostik von Zwillingsschwangerschaften keine Untersuchungen zur Genauigkeit existieren. Da Zwillingsträchtigkeiten eine Herausforderung für das Management von Milchviehbetrieben darstellen, ist die sichere Diagnostik von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Herdenführung und verdient in der weiteren Forschung nähere Beachtung.

5.6 Schlussbetrachtung und Fazit für die Praxis

Durch die in der vorliegenden Arbeit festgestellten Unterschiede zwischen den Betrieben hinsichtlich der Fruchtverluste im Untersuchungszeitraum wird deutlich, dass die Vorteile einer frühen sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung betriebsspezifisch sind. Soll eine frühe sonographische Trächtigkeitsuntersuchung regelmäßig in einer Herde durchgeführt werden, empfiehlt sich eine Voruntersuchung zur Erkennung der Größenordnung der Verlustrate zwischen dem frühen Zeitpunkt und dem konventionellen Zeitpunkt der Untersuchung.

Bei der Trächtigkeitsdiagnostik sollte ein besonderes Augenmerk auf das Erkennen von Zwillingsschwangerschaften gelegt werden. Zwillingsträchtigkeiten sind immer als Risikoträchtigkeiten anzusehen und gehen mit Verlusten zu späteren Zeitpunkten einher.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, festzustellen, wie viele der bei einer frühen sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung als tragend diagnostizierten Tiere bei einer zweiten Untersuchung 14 Tage später nicht mehr tragend sind. Weiterhin sollten potentielle kuhindividuelle Risikofaktoren ermittelt werden, die für einen Trächtigkeitsverlust prädisponieren.

In die Studie wurden 520 trächtige Tiere (54 Färsen und 463 Kühe) von fünf Betrieben in Schleswig - Holstein eingeschlossen. Drei Tiere wurden nach einem Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum erneut tragend und zum zweiten Mal in die Untersuchungen eingeschlossen. Bedingungen für eine Aufnahme in die Untersuchungen waren künstliche Besamung zu einem bekannten Besamungsdatum, positive erste Trächtigkeitsuntersuchung (28. - 35. Tag p. i.) und erneute sonographische Untersuchung der Tiere 14 Tage nach der ersten TU. Zum Zeitpunkt von beiden Trächtigkeitsuntersuchungen wurde mittels Ultraschall die Rückenfettdicke (RFD) gemessen. Zu jedem Tier wurden folgende Daten als mögliche Risikofaktoren für einen Fruchtverlust aufgenommen: Milchleistung, Gützeit, Anzahl der Embryonen, Anzahl der Laktationen, Alter, Verlauf der letzten Kalbung, Hormonbehandlungen, Vorerkrankungen und Erkrankungen (Mastitis, Lahmheit) zum Zeitpunkt der Besamung und zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen.

Folgende relevante Ergebnisse konnten erzielt werden:

- Von 520 trächtigen Tieren erfuhren 24 Tiere (4,6 %) vom 28. - 49. Tag p. i. einen Trächtigkeitsverlust. Dabei handelte es sich um eine Färse und 23 Kühe.
- Zwischen den fünf Betrieben gab es hinsichtlich der Trächtigkeitsverlustrate im Untersuchungszeitraum Unterschiede: Eine Verlustrate von 1,4 % fand sich in Betrieb 1 (1 von 70 Tieren), Betrieb 2 zeigte eine Verlustrate von 9 % (9 von 100 Tieren), in Betrieb 3 betragen die Verluste 4,9 % (2 von 40 Tieren), in Betrieb 4 waren es 2 % (4 von 200 Tieren) und in Betrieb 5 waren es 7,3 % (8 von 110 Tieren). Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang

zwischen den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum und dem Betrieb festgestellt werden ($p = 0,4$).

- Zwischen den Trächtigkeitsverlusten im Untersuchungszeitraum und den untersuchten Risikofaktoren konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden.
- Von den 520 trächtigen Tieren wurden acht mit einer Zwillingsträchtigkeit diagnostiziert. Von diesen acht Kühen erfuhr keine einen Fruchtverlust im Untersuchungszeitraum, eine Kuh abortierte zu einem späteren Zeitpunkt, zwei kalbten mit einem Kalb, fünf kalbten mit Zwillingen ab. Von den 512 mit Einlingsgraviditäten diagnostizierten Tieren gebaren fünf Tiere Zwillinge.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass die Vorteile einer frühen Trächtigkeitsuntersuchung betriebsspezifisch sind. Soll eine frühe sonographische Trächtigkeitsuntersuchung in einer Herde standardmäßig etabliert werden, sollte in einer Voruntersuchung analysiert werden, wie hoch die Verluste zwischen dem frühen Zeitpunkt und dem konventionellen Zeitpunkt der TU sind. Da sich keine kuhspezifischen Risikofaktoren für einen Trächtigkeitsverlust darstellen ließen, sollte die frühe Untersuchung bei allen Tieren durchgeführt werden.

7 Summary

The objective of this study was to determine the number of cows diagnosed pregnant in an early pregnancy examination via ultrasound which were no longer pregnant in a second pregnancy examination 14 days later. Furthermore, possible individual cow risk factors for early pregnancy loss were to be identified.

520 pregnant animals (54 heifers and 463 lactating cows) from five dairy farms in Schleswig - Holstein were included in the study. Three animals conceived again after a pregnancy loss and were re-included in the study. Conditions for inclusion in the study were conceiving via artificial insemination (AI) at a known and documented date, positive first pregnancy examination (day 28 - 35 p. i.) and reexamination for pregnancy 14 days later. At the time of both pregnancy examinations, the backfat thickness (BFT) was measured via ultrasound. For each animal, the following data was documented as possible risk factors for a pregnancy loss: milk yield, days open, number of embryos, parity, age, severity of the last calving, hormonal treatments, diseases (mastitis, lameness) at the time of AI and between the two pregnancy examinations.

The following relevant results were documented:

- 24 animals (4.6 %) of the 520 animals included in the study lost their pregnancy between day 28 and 49 p. i.. 23 of the animals with a pregnancy loss were cows, one was a heifer.
- There were differences concerning the pregnancy loss between the five dairy farms: The pregnancy loss rate was 1.4 % on farm 1 (one out of 70 animals), 9.0 % on farm 2 (9 out of 100 animals), 4.9 % on farm 3 (2 out of 40 animals), 2.0 % on farm 4 (4 out of 200 animals) and 7.3 % on farm 5 (8 out of 110 animals). There was no significant correlation between the pregnancy losses and the farm ($p = 0.4$).
- None of the possible risk factors examined was significantly correlated with a pregnancy loss.
- Of the 520 pregnant animals, eight were diagnosed as twin pregnancies. None of the eight twin pregnancies was lost between the two pregnancy examinations. One cow aborted at a later time, two cows calved with a single

calf, five calved with twins. Of the 512 animals diagnosed with single pregnancies, five calved with twins.

In conclusion, the results of this study show that the advantages of a single early pregnancy examination are specific to each dairy farm. To establish an early ultrasonographic pregnancy examination in a herd, a preliminary inquiry should analyse the pregnancy losses between the early point in time and the conventional time of a pregnancy check. There were no cow specific risk factors in this study in association with a pregnancy loss; thus the early pregnancy check should be conducted in all animals.

8 Literaturverzeichnis

Ahlers, D., Andresen, P. (1996)

Trächtigkeit. Grunert, E. (Hrsg.): Buiatrik, Band 1, Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung, 3. Auflage. Hannover, Verlag M. & H. Schaper, 99 – 127

Ahlers, D., Heuwieser, W. (2000a)

Tierärztliche Sorgfaltspflicht bei Trächtigkeitsuntersuchungen am Einzeltier. Teil 1: Trächtigkeitsuntersuchungen am Einzeltier. Prakt. Tierarzt 81: 7, 580-584

Ahlers, D., Heuwieser, W. (2000b)

Tierärztliche Sorgfaltspflicht bei Trächtigkeitsuntersuchungen am Einzeltier. Teil 2: Medizinische Konsequenzen und forensische Beurteilung systematischer Trächtigkeitsuntersuchungen mittels Ultraschall auf Herdenbasis. Prakt. Tierarzt 81: 7, 587-589

Ahlers, D. (1999)

Forensik. In: Grunert, E. und A. de Kruif (Hrsg.): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind, 3. Auflage. Berlin: Parey Buchverlag, 397 - 416

Alexander, G., Hales, J.R., Stevens, D., Donnelly J.B. (1987)

Effects of acute and prolonged exposure to heat on regional blood flows in pregnant sheep. J. Dev. Physiol. 9 (1):1-15

Aurich, J.E. (1999)

Embryonale Mortalität. In: Grunert, E. und A. de Kruif (Hrsg.): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind, 3. Auflage. Berlin: Parey Buchverlag, 255-262

Ball, P.J.H. (1997)

Late embryo and early fetal mortality in the cow. *Anim. Breed. Abstr.* 65, 167-175

Barker, A.R., Schrick, F.N., Lewis, M.J., Dowlen, H.H., Oliver, S.P. (1998)

Influence of clinical mastitis during early lactation on reproductive performance of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 81:1285-1290

Baxter, S. J., Ward W. R. (1997)

Incidence of fetal loss in dairy cattle after pregnancy diagnosis using an ultrasound scanner. *Vet. Rec.* 140, 287–288

Beal, W.E., Perry, R.C., Corah, L.R. (1992)

The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 924-929

Bech-Sàbat, G., López-Gatius, F., Yániz, J., García-Ispierto, I., Santolaria, J.P., Serrano, B., Sulon, J., de Sousa, N.M., Beckers, J.F. (2008)

Factors affecting plasma progesterone in the early fetal period in high producing dairy cows. *Theriogenology* 69, 426-432

Bech-Sàbat, G., López-Gatius, F., García-Ispierto, I., Santolaria, J.P., Serrano, B., Nogareda, C., de Sousa, N.M., Beckers, J.F., Yániz, J. (2009)

Pregnancy patterns during the early fetal period in high producing dairy cows treated with GnRH or progesterone. *Theriogenology* 71, 920-929

Bech-Sábat, G., García-Ispuerto, I., Yániz, J., López-Gatius, F. (2010)

Therapeutic approaches to pregnancy loss of non-infectious cause during the late embryonic/early fetal period in dairy cattle. A review. *Reprod. Dom. Anim.* 45, 469-475

Bech-Sábat, G. (2010)

Factors of non-infectious nature affecting late embryonic/early fetal loss in high producing dairy cows: a therapeutic approach. Dissertation, Departament de Producció Animal, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida

Berger, G. (1990)

Hinweise zur Ermittlung der Häufigkeit der embryonalen Mortalität mittels Progesteronbestimmung (Kurzmitteilung). *Monatsheft Vet.- Med.* 45: 761-762

Biggers, B.G., Geisert, R.D., Wetteman, R.P., Buchanan, D.S. (1987)

Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512-1518

Bilodeau-Goeseels, S., Kastelic, J.P. (2003)

Factors affecting embryo survival and strategies to reduce embryonic mortality in cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 83:659-671

Boland, M.P., Lonergan, P., O'Callaghan, D. (2001)

Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology* 55: 1323-1340

BonDurant, R.H. (2007)

Selected diseases and conditions associated with bovine conceptus loss in the first trimester. *Theriogenology* 68, 461-473

Britt, J. H. (1975)

Early postpartum breeding in dairy cows. A review. *J. Dairy Sci.* 58, 266 - 271

Bulman, D.C. (1979)

A possible influence of the bull on the incidence of embryonic mortality in cattle. *Vet. Rec.* 105, 420-422

Busch, W., Zerobin, K. (2009)

Fruchtbarkeitskontrolle bei Groß- und Kleintieren. Kapitel 2: Physiologie und Pathophysiologie der Fortpflanzungsregulation, Kapitel 4: Fruchtbarkeitskontrolle beim Rind. Studienauflage der 1. Ausgabe 1995. Enke Verlag, Stuttgart, 40-51, 71-212

Butler, J.E., Sasser, R.G., Ruder, C.A., Hass, G.M., Williams, R.J. (1982)

Detection and partial characterization of two bovine pregnancy-specific proteins. *Biol. Reprod.* 26: 925-933

Cartmill, J.A., El-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Rozell, T.G., Smith, J.F., Stevenson, J.S. (2001a)

An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. *J. Dairy Sci.* 84:799-806

Cartmill, J.A., El-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Lamb, G.C., Stevenson, J.S. (2001b)

Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J. Dairy Sci.* 84:1051-1059

Chaffaux, S., Reddy, G.N.S., Valon, F., Thibier, M. (1986)

Transrectal real-time ultrasound scanning for diagnosing pregnancy and for monitoring embryonic mortality in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 10, 193-200

Chebel, R.C., Santos, J.E.P., Reynolds, J.P., Cerri, R.L.A., Juchem, S.O., Overton, M. (2004)

Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 239-255

Committee on Bovine Reproductive Nomenclature (1972)

Recommendations for standardizing bovine reproductive terms. *Cornell Vet.* 62, 216-237

Curran, S., Pierson, R.A., Ginther, O.J. (1986a)

Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 10 through 20. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 189, 1289-1294

Curran, S., Pierson, R.A., Ginther, O.J. (1986b)

Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 20 through 60. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 189, 1295-1302

De Vries, A., Bartolome, J., Broaddus, B. (2005)

What is early pregnancy diagnosis worth? Proceedings 2nd Florida Dairy Road Show 2005, 31-40

De Vries, A. (2006)

Economic value of pregnancy in cattle. J. Dairy Sci. 89: 3876-3885

DesCôteaux, L., Fetrow, J. (1998)

Does it pay to use an ultrasound machine for early pregnancy diagnosis in dairy cows? The bovine proceedings 31, 172-174

Diskin, M.G., Murphy, J.J., Sreenan, J.M. (2006)

Embryo survival in cows managed under pastoral conditions. Anim. Reprod. Sci. 96, 297-311

Diskin, M.G., Morris, D.G. (2008)

Embryonic and early fetal losses in cattle and other ruminants. Reprod. Dom. Anim. 43, 260-267

Dixon, W.J. (chief editor) (1993)

BMDP Statistical Software Manual, Volume 1 and 2. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London

Drost, M., Ambrose, J.D., Thatcher, M.-J., Cantrell, C.K., Wolfsdorf, K.E., Hasler, J.F., Thatcher, W.W. (1999)

Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology* 52:1161-1167

Dunne, L.D., Diskin, M.G., Boland, M.P., O'Farrell, K.J., Sreenan, J.M. (1999)

The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers. *Anim. Sci.* 69: 411-417

Ealy, A.D., Drost, M., Hansen, P.J. (1993)

Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy Sci.* 76:2899-2905

Ealy, A.D., Howell, J.L., Monterroso, V.H., Aréchiga, C.F., Hansen, P.J. (1995)

Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. *J. Anim. Sci.* 73, 1401-1407

Edwards, J.L., Hansen, P.J. (1997)

Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46:138-145

Franco, O.J., Drost, M., Thatcher, M.-J., Shille, V.M., Thatcher, W.W. (1987)

Fetal survival in the cow after pregnancy diagnosis by palpation per rectum. *Theriogenology* 27: 631-44

Fricke, P.M., Guenther, J.N., Wiltbank, M.C. (1998)

Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 50:1275-1284

Fricke, P.M., Wiltbank, M.C. (1999)

Effect of milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. *Theriogenology* 52: 1133-1143

Fricke, P.M. (2002)

Scanning the future – Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:1918-1926

García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J.L., Nogareda, C., López-Béjar, M., De Rensis, F. (2006)

Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology* 65: 799-807

García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Bech-Sabat, G., Santolaria, P., Yániz, J.L., Nogareda, C., De Rensis, F., López-Béjar, M. (2007)

Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 67: 1379-1385

Garrett, J.E., Geisert, R.D., Zavy, M.T., Morgan, G.L. (1988)

Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in beef cattle. *J. Reprod. Fert.* 84, 437-446

Giger, R. (1995)

Die Ultraschalluntersuchung des Geschlechtsapparates beim weiblichen Rind. *SWISS VET* 12, 13 - 18

Giri, S.N., Stabenfeldt, G.H., Moseley, T.A., Graham, T.W., Bruss, M.L., BonDurant, R.H., Cullor, J.S., Osburn, B.I. (1991)

Role of eicosanoids in abortion and its prevention by treatment with flunixin meglumine in cows during their first trimester of pregnancy. *J. Vet. Med.* 38:445-459

Givens, M.D., Marley, M.S.D. (2008)

Infectious causes of embryonic and fetal mortality. *Theriogenology* 70: 270-285

Green J.A., Xie, S., Quan, X., Bao, B., Gan, X., Mathialagan, N., Beckers, J.F., Roberts, R.M. (2000)

Pregnancy-associated bovine and ovine glycoproteins exhibit spatially and temporally distinct expression patterns during pregnancy. *Biol. Reprod.* 62:1624-1631

Green, M.P., Hunter, M.G., Mann, G.E. (2005)

Relationships between maternal hormone secretion and embryo development on day 5 of pregnancy in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 88, 179-189

Gustavsson, I. (1979)

Distribution and effects of the 1/29 Robertsonian translocation in cattle. *J. Dairy Sci.* 62:825-835

Hansen, P.J., Aréchiga, C.F. (1999)

Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 77, Suppl. 2/J

Hansen, P.J. (2002)

Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. *J. Anim. Sci.* 80, E33-44

Hansen, P.J., Soto, P., Natzke, R.P. (2004)

Mastitis and fertility in cattle – possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality. *Am. J. Reprod. Immunol.* 51: 294-301

Hansen, P.J. (2007)

To be or not to be – Determinants of embryonic survival following heat shock. *Theriogenology* 68S: S40 – S48

Hanzen, C., Drion, P.V., Lourtie, O., Depierreux, C., Christians, E. (1999)

Embryonic mortality – 1. Clinical aspects and etiological factors in the bovine species. *Ann. Med. Vet.* 143, 91-118

Hernandez, J.A., Risco, C.A., Lima, F.S., Santos, J.E.P. (2012)

Observed and expected combined effects of clinical mastitis and low body condition on pregnancy loss in dairy cows. *Theriogenology* 77: 115-121

Heuwieser, W., Müller, K. (Hrsg.) (2000)

Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall beim Rind. Enke Verlag, Stuttgart

Hommeida, A., Nakao, T., Kubota, H. (2004)

Luteal function and conception in lactating cows and some factors influencing luteal function after first insemination. *Theriogenology* 62: 217-225

Humblot, P. (2001)

Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology* 56: 1417-1433

Inskeep, E.K. (2004)

Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *J. Anim. Sci. (E. Suppl.)*: 24-39

Johanson, J.M., Berger, P.J., Kirkpatrick, B.W., Dentine, M.R. (2001)

Twinning rates for North American Holstein Sires. *J. Dairy Sci.* 84:2081-2088

Kähn, W. (1985)

Zur Trächtigkeitsdiagnose beim Rind mittels Ultraschall. *Tierärztl. Umschau* 40, 472-477

Kähn, W. (1989)

Sonographic fetometry in the bovine. *Theriogenology* 31: 1105-1121

Kähn, W. (1991)

Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik, Gynäkologische Untersuchung und Reproduktion. Pferd, Rind, Schaf, Ziege, Schwein, Hund, Katze., 1. Auflage
Hannover: Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, 82 – 185

Kähn, W. (1997)

Ultraschalldiagnostik an Uterus, Fetus und Ovarien. Braun, U. (Hrsg.), Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind. Berlin: Parey Buchverlag, 207 – 225

Kassam, A., BonDurant, R.H., Basu, S., Kindahl, H., Stabenfeldt, G.H. (1987)

Clinical and endocrine responses to embryonic and fetal death induced by manual rupture of the amniotic vesicle during early pregnancy in cows. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 191, 417-420

Kastelic, J.P., Curran, S., Pierson, R.A., Ginther, O.J. (1988)

Ultrasound evaluation of the bovine conceptus. *Theriogenology* 29: 39-54

Kastelic, J.P., Ginther, O.J. (1989)

Fate of conceptus and corpus luteum after induced embryonic loss in heifers.

J. Am. Vet. Med Assoc. 194, 922-928

Kastelic, J.P., Bergfelt, D.R., Ginther, O.J. (1990)

Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology* 33:1269-1278

Kerbler, T.L., Buhr, M.M., Jordan, L.T., Leslie, K.E., Walton, J.S. (1997)

Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferone-tau synthesis by the conceptus in cattle. *Theriogenology* 47: 703-714

Keskin, A., Yilmazbas-Mecitoglu, G., Gumen, A., Karakaya, E., Celik, Y., Okut, H., Wiltbank, M.C. (2011)

Comparison of responses to Ovsynch between Holstein-Friesian and Swedish Red cows. *J. Dairy Sci.* 94:1784-1789

Kinsel, M.L., Marsh, W.E., Ruegg, P.L., Etherington, W.G. (1998)

Risk factors for twinning in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 989-993

von Krüger, X., Heuwieser, W. (2010)

Effect of flunixin meglumine and carprofen on pregnancy rates in dairy cattle.

J. Dairy Sci. 93:5140-5146

Labèrnia, J., López-Gatius, F., Santolaria, P., López-Béjar, M. Ruttlant, J. (1996)

Influence of management factors on pregnancy attrition in dairy cattle. *Theriogenology* 45: 1247-1253

Labèrnia, J., López-Gatius, F., Santolaria, P., Hanzen, C., Laurent, Y., Houtain, J.Y. (1998)

Influence of calving season on the interactions among reproductive disorders of dairy cows. *Anim. Sci.* 67, 387-39

Lamming, G.E., Darwash, A.O., Back, H.L. (1989)

Corpus luteum function in dairy cows and embryo mortality. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 37, 245-252

Leroy, J.L.M.R., Opsomer, G., Van Soom, A., Goovaerts, I.G.F., Bols, P.E.J. (2008a)

Reduced Fertility in high-yielding dairy cows: Are the oocyte and embryo in danger? Part I. 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. Dom. Anim.* 43, 612-622

Leroy, J.L.M.R., Opsomer, G., Van Soom, A., Goovaerts, I.G.F., Bols, P.E.J. (2008b)

Reduced Fertility in high-yielding dairy cows: Are the oocyte and embryo in danger? Part II. Mechanisms linking nutrition and reduced oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.* 43, 623-632

Leroy, J.L.M.R., Van Soom, A., Opsomer, G., Bols, P.E.J. (2008c)

The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality. *Anim.* 2:8, 1120-1127

López-Gatius, F., Labèrnia, J., Santolaria, P., López-Béjar, M., Rutllant, J. (1996)

Effect of reproductive disorders previous to conception on pregnancy attrition in dairy cows. *Theriogenology* 46: 643-648

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, Rutllant, J., López-Béjar (2002)

Factors affecting pregnancy loss from gestation day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. *Theriogenology* 57: 1251-1261

López-Gatius, F. (2003)

Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* 60: 89-99

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J.L., Hunter, R.H.F. (2004a)

Progesterone supplementation during the early fetal period reduces pregnancy loss in high-yielding dairy cattle. *Theriogenology* 62: 1529-1535

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J.L., Garbayo, J.M., Hunter, R.H.F. (2004b)

Timing of early fetal loss for single and twin pregnancies in dairy cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 39, 429-433

López-Gatius, F., Pabón, M., Almería, S. (2004c)

Neospora caninum injection does not affect early pregnancy in dairy cattle. *Theriogenology* 62, 606-613

López-Gatius, F., López-Béjar, M., Fenech, M., Hunter, R.H.F. (2005)

Ovulation failure and double ovulation in dairy cattle: risk factors and effects. *Theriogenology* 63: 1298-1307

López-Gatius, F., Hunter, R.H.F. (2005)

Spontaneous reduction of advanced twin embryos: its occurrence and clinical relevance in dairy cattle. *Theriogenology* 63: 118-125

López-Gatius, F., Santolaria, P., Martino, A., Delétang, F., De Rensis, F. (2006)

The effects of GnRH treatment at the time of AI and 12 days later on reproductive performance of high producing dairy cows during the warm season in northeastern Spain. *Theriogenology* 65: 820-80

López-Gatius, F., Szenci, O., Bech-Sábat, G., Garcia-Ispuerto, I., Serrano, B., Santolaria, P., Yániz, J. (2009)

Factors of non-infectious nature affecting late embryonic and early fetal loss in high producing dairy herds in North-Eastern Spain. Literature review. *Magyar Állatorvosok Lapja* 131 No. 9:515-531

López-Gatius, F., García-Ispuerto, I. (2010)

Ultrasound and endocrine findings that help to assess the risk of late embryo/early fetal loss by non-infectious cause in dairy cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 45, 15-24

López-Gatius, F. (2012)

Factors of noninfectious nature affecting fertility after artificial insemination in lactating dairy cows. A review. *Theriogenology* 70: 1029-1041

Lucy, M.C. (2001)

Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293

Mann, G.E., Lamming, G.E. (2001)

Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanisms in cows. *Reprod.* 121, 175-180

Mansfeld, R., de Kruif, A., Hoedemaker, M., Heuwieser, W. (1999)

Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenbasis. In: Grunert, E. und A. de Kruif (Hrsg.): *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. Auflage. Berlin: Parey Buchverlag, 337 - 350

McEvoy, T.G., Robinson, J.J., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Sinclair, K.D. (2001)

Feed and forage toxicants affecting embryo survival and fetal development. *Theriogenology* 55: 113-129

McNeill, R.E., Diskin, M.G., Sreenan, J.M., Morris, D.G. (2006)

Associations between milk progesterone concentration on different days and with embryo survival during the early luteal phase in dairy cows. *Theriogenology* 65: 1435-1441

Meisterling, E.M., Dailey, R.A. (1987)

Use of concentrations of progesterone and Estradiol-17 β in milk in monitoring postpartum ovarian function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70, 2154-2161

Moore, D.A., Overton, M.W., Chebel, R.C., Truscott, M.L., BonDurant, R.H. (2005)

Evaluation of factors that affect embryonic loss in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 226, 1112-1118

Müller, K. (2000)

Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Trächtigkeitsuntersuchung mittels Ultraschall zwischen dem 20. und 34. Tag nach der künstlichen Besamung bei Kühen und Färsen. *Diss. med. vet., Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin*

Paisley, L.G., Mickelsen, W.D., Frost, O.L. (1978)

A survey of the incidence of prenatal mortality in cattle following pregnancy diagnosis by rectal palpation. *Theriogenology* 9: 481-491

Pegorer, M.F., Vasconcelos, J.L.M., Trinca, L.A., Hansen, P.J., Barros, C.M. (2007)

Influence of sire and sire breed (Gyr versus Holstein) on establishment of pregnancy and embryonic loss in lactating Holstein cows during summer heat stress. *Theriogenology* 67: 692-697

Piechotta, M., Bollwein, J., Friedrich, M., Heilkenbrinker, T., Passavant, C., Branen, J., Sasser, G., Hoedemaker, M., Bollwein, H. (2011)

Comparison of commercial ELISA blood tests for early pregnancy detection in dairy cows. *J. Reprod. Dev.* 57: 72-75

Pierson, R.A., Ginther, O.J. (1984)

Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology* 22: 225-233

Pieterse, M.C., Szenci, O., Willemse, A.H., Bajcsy, C.S.A., Dieleman, S.J., Taverne, M.A.M. (1990)

Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real-time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test. *Theriogenology* 33: 697-707

Pitcher, P.M., Galligan, D.T. (1990)

Decision analysis and economic evaluation of the use of rapid milk progesterone assay for early detection of pregnancy status of cows. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 197, 1586-1590

Putney, D.J., Mullins, S., Thatcher, W.W., Drost, M., Gross, T.S. (1989)

Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19, 37-51

Rahlfs, V.W. (2002)

TESTIMATE6 User's Manual. idv - Data Analysis & Study Planning, Gauting / Munich, Germany

Rajamahendran, R., Taylor, C. (1990)

Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. *Anim. Reprod. Sci.* 22, 171-180

Rhind, S.M. (2008)

Endocrine disruptors and other food-contaminating environmental pollutants as risk factors in animal reproduction. *Reprod. Dom. Anim.* 43, Suppl. 2, 15-22

Rhinehart, J.D., Starbuck-Clemmer, M.J., Flores, J.A., Milvae, R.A., Yao, J., Poole, D.H., Inskeep, E.K. (2009)

Low peripheral progesterone and late embryonic/early fetal loss in suckled beef and lactating dairy cows. *Theriogenology* 71: 480-490

Romano, J.E., Thompson, J.A., Kraemer, D.C., Westhusin, M.E., Forrest, D.W., Tomaszewski, M.A. (2007)

Early pregnancy diagnosis by palpation per rectum: Influence on embryo/fetal viability in dairy cattle. *Theriogenology* 67: 486-493

Rutledge, J.J. (2001)

Use of embryo transfer and IVF to bypass effects of heat stress. *Theriogenology* 55: 105-111

Sangsritavong, S., Combs, D.K., Sartori, R., Armentano, L.E., Wiltbank, M.C. (2002)

High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 β in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85: 2831-2842

Santos, J.E.P., Villasenor, M., Robinson, P.H., DePeters, E.J., Holmberg, C.A. (2003)

Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: plasma gossypol, health, and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 86:892-905

Santos, J.E.P., Cerri, R.L.A., Ballou, M.A., Higginbotham, G.E., Kirk, J.H. (2004a)

Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 80, 31-45

Santos, J.E.P., Thatcher, W.W., Chebel, R.C., Cerri, R.L.A., Galvao, K.N. (2004b)

The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83, 513-535

Sartori, R., Sartor-Bergfelt, R., Mertens, S.A., Guenther, J.N., Parrish, J.J., Wiltbank, M.C. (2002)

Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.* 85:2803-2812

Schrack, F.N., Hockett, M.E., Saxton, A.M., Lewis, M.J., Dowlen, H.H., Oliver, S.P. (2001)

Influence of subclinical mastitis during early lactation on reproductive parameters.

J. Dairy Sci. 84:1407-1412

Schröder, U., Staufienbiel, R. (2003)

Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung, Teil 3: Berechnung von Referenzwerten. *Tierärztl. Praxis* 31, 300-305

Schröder, U., Staufienbiel, R. (2006)

Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89:1-14

Schwenger, B., Tammen, I., Aurich, C. (1994)

Detection of the homozygous recessive genotype for DUMPS among bovine in vitro produced embryos by DNA typing. *J. Repr. Fertil.* 100, 511-514

Siddiqui, M.A.R., Almamun, M., Ginther, O.J. (2008)

Blood flow to the wall of the preovulatory follicle and its relationship to pregnancy establishment in heifers. *Anim. Repr. Sci.* 113, 287-292

Siddiqui, M.A.R., Gastal, E.L., Gastal, M.O., Almamun, M., Beg, M.A., Ginther, O.J. (2009)

Relationship of vascular perfusion of the wall of the preovulatory follicle to in vitro fertilization and embryo development in heifers. *Reprod.* 137, 689-697

Silke, V., Diskin, M.G., Kenny, D.A., Boland, M.P., Dillon, P., Mee, J.F., Sreenan, J.M. (2002)

Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 71, 1-12

Silva-del-Río, N., Colloton, J.D., Fricke, P.M. (2009)

Factors affecting pregnancy loss for single and twin pregnancies in a high-producing dairy herd. *Theriogenology* 71:1462-1471

Snijders, S.E.M., Dillon, P., O'Callaghan, D., Boland, M.P. (2000)

Effect of genetic merit, milk yield, body condition and lactation number on in vitro oocyte development in dairy cows. *Theriogenology* 53:981-989

Sousa, N.M., Beckers, J.F., Gajewski, Z. (2008)

Current trends in follow-up of trophoblastic function in ruminant species. *J. Physiol. Pharmacol.* 59, Suppl 9, 65-74

Spencer, T.E., Johnson, G.A., Burghardt, R.C., Bazer, F.W. (2004)

Progesterone and placental hormone actions on the uterus: insights from domestic animals. *Biol. Reprod.* 71, 2-10

Starbuck, M.J., Dailey, R.A., Inskeep, E.K. (2004)

Factors affecting retention of early pregnancy in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 27-39

Staufenbiel, R. (1997)

Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickemessung. *Prakt.Tierarzt Coll Vet* 27, 87-92

Sturman H. Bakhar, A., Ben-Shmuel Z. (1980)

Rate of incidence and evaluation on damage caused to dairy cattle by inseminating cows not in estrus. 9th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. 3:236

Sturman, H., Oltenacu, E.A.B., Foote, R.H. (2000)

The importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology* 53:1657-1667

Szenci, O., Beckers, J.F., Humblot, P., Sulon, J., Sasser, G., Taverne, M.A.M., Varga, J., Baltusen, R., Schekk, G. (1998a)

Comparison of ultrasonography, bovine Pregnancy-Specific Protein B, and bovine Pregnancy-Associated Glycoprotein 1 tests for pregnancy detection in dairy cows. *Theriogenology* 50:77-88

Szenci, O., Taverne, M.A.M., Beckers, J.F., Sulon, J., Varga, J., Börzsönyi, L., Hanzen, Ch., Schekk, Gy. (1998b)

Evaluation of false ultrasonographic diagnoses in cows by measuring plasma levels of bovine pregnancy-associated glycoprotein 1. *Vet. Rec.* 142, 304-306

Thatcher, W.W., Gwazdauskas, F.C., Wilcox, C.J., Toms, J., Head, H.H., Buffington, D.E., Frederiksson, W.B. (1974)

Milking performance and reproductive efficiency of dairy cows in an environmentally controlled structure. *J. Dairy Sci.* 57: 304-307

Thatcher, W.W., Hansen, P.J., Gross, T.S., Helmer, S.D., Plante, C., Bazer, F.W. (1989)

Antiluteolytic effects of bovine trophoblast protein-1. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 37, 91-99

Thatcher, W.W., Moreira, F., Santos, J.E.P., Mattos, R.C., Lopes, F.L., Pancarci, S.M., Risco, C.A. (2001)

Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology* 55:75-89

Thompson, J.A., Marsh, W.E., Calvin, J.A., Etherington, W.G., Momont, H.W., Kinsel, M.L. (1994)

Pregnancy attrition associated with pregnancy testing by rectal palpation. *J. Dairy Sci.* 77: 3382-3387

Totey, S.M., Singh, G., Taneja, M., Talwar, G.P. (1991)

Ultrasonography for detection of early pregnancy following embryo transfer in unknown breed of *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 35:487-497

Vaillancourt, D., C. J. Bierschwal, D. Ogwu, R. G. Elmore, C. E. Martin, A. J. Sharp,
R. S. Youngquist (1979)

Correlation between pregnancy diagnosis by membrane slip and embryonic mortality. *J. Am. Vet. Med Assoc.* 175, 5, 466 - 468.

Van Cleeff, J., Drost, M., Thatcher, W.W. (1991)

Effects of postinsemination progesterone supplementation on fertility and subsequent estrus responses of dairy heifers. *Theriogenology* 36:795-807

Van Cleeff, J., Macmillan, K.L., Drost, M., Lucy, M.C., Thatcher, W.W. (1996)

Effects of administering progesterone at selected intervals after insemination of synchronized heifers on pregnancy rates and resynchronization of returns to service. *Theriogenology* 46:1117-1130

Vanroose, G., de Kruif, A., Van Soom, A. (2000)

Embryonic mortality and embryo-pathogen interactions. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 131-143

van der Weijden, G. C., Taverne, M. (1999)

Trächtigskeitsuntersuchung. In: Grunert, E. und A. de Kruif (Hrsg.): *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. Auflage. Parey Buchverlag, Berlin 78 – 92

Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Lacerda, J.A., Pursley, J.R., Wiltbank, M.C. (1997)

Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at two different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 56 (Suppl. 1).140 (Abstr.)

Vasconcelos, J.L.M., Sangsritavong, S., Tsai, S.J., Wiltbank, M.C. (2003)

Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology* 60, 795-807

Wood, P.D.P. (1967)

The biometry of lactation. *J. Agric. Sci.* 88, 333-339

Zaied, A.A., Bierschwal, C.J., Elmore, R.G., Youngquist, R.S., Sharp, A.J., Garverick, H.A. (1979)

Concentrations of progesterone in milk as a monitor of early pregnancy diagnosis in the cow. *Theriogenology* 12: 3-11

Zoli, A.P., Guilbault, L.A., Delahaut, P., Ortiz, W.B., Beckers, J.-F. (1992)

Radioimmunoassay of a bovine Pregnancy-Associated Glycoprotein in serum: Its application for pregnancy diagnosis. *Biol. Reprod.* 46, 83-92

Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. Axel Wehrend für die Überlassung dieses praxisnahen und interessanten Themas. Herzlichsten Dank für die zügigen Korrekturen und die verlässliche Erreichbarkeit!

Vielen Dank an Herrn Dr. Klaus Failing und Frau Marion Sparenberg aus der AG Biomathematik und Datenverarbeitung der JLU Gießen für die schnelle Bearbeitung der statistischen Auswertung und die geduldige Beantwortung aller Fragen hinsichtlich der Statistik.

Ein ganz besonderer Dank gilt den Landwirten bzw. Herdenmanagern und ihren Familien der fünf Betriebe, die ihre Tiere und ihre Zeit bereitwillig zur Verfügung stellten und sowohl zu den Untersuchungen als auch bei der Aufnahme der Daten jederzeit bereitstanden. Ohne euch wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen!

Meinem ehemaligen Chef Dr. Gregor Stampa danke ich für die flexible Gestaltung meiner Arbeitszeiten und die gewährten Freiräume.

Danke auch an Gregor Gründer, den „Ultraschallkönig“, fürs Teilen seiner Erfahrung und an Dr. Holger Thoms fürs Korrekturlesen und seinen Humor.

Last but not least möchte ich meinen Eltern für ihre großartige bedingungslose Unterstützung in jeglicher Hinsicht danken. Ganz herzlichen Dank besonders an Hannes sowie an meine Geschwister und Freunde für eure Geduld und Motivation.

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 Stellen 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.

Kerstin Schönwälder



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: 978-3-8359-6105-0



9 17838351961050