

Zuverlässigkeit und Praktikabilität der Geburtsüberwachung beim Rind mittels eines automatischen Geburtsmeldesystems

von Matthias Dippon

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

Zuverlässigkeit und Praktikabilität der Geburtsüberwachung
beim Rind mittels eines automatischen Geburtsmeldesystems

von Matthias Dippon

aus Bobingen

München 2015

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Prof. Dr. med. vet. Holm Zerbe

Mitbetreuung durch: Dr. med. vet. Dorothee Lange

Dr. med. vet. Wolfram Petzl

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Holm Zerbe

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Tag der Promotion: 18. Juli 2015

Meinen Eltern

Es ist nicht genug zu wissen,
man muss es auch anwenden;
es ist nicht genug zu wollen,
man muss es auch tun.

Johann Wolfgang von Goethe

Inhaltsverzeichnis

I.	EINLEITUNG.....	1
II.	LITERATURÜBERSICHT.....	3
1.	Klinische und hormonelle Veränderungen bei nahender Geburt.....	3
1.1.	Klinische Veränderungen.....	3
1.1.1.	Klinische Veränderungen im Vorbereitungsstadium der Geburt	3
1.1.2.	Klinische Veränderungen am Tag der Abkalbung und während des Öffnungsstadiums	5
1.2.	Endokrinologische Veränderungen	9
1.2.1.	Progesteron.....	9
1.2.2.	Östrogene	11
1.2.3.	Glukokortikoide.....	12
1.2.4.	Pregnancy-specific protein B und Pregnancy associated Glycoprotein	13
1.2.5.	Prostaglandin	13
1.2.6.	Prolaktin	14
1.2.7.	Oxytocin.....	15
2.	Geburtsüberwachung	15
2.1.	Status quo in Milchviehbetrieben.....	15
2.2.	Klinische Parameter für die Geburtsüberwachung	16
2.3.	Endokrinologische Parameter zur Geburtsüberwachung.....	19
2.4.	Technische Hilfsmittel zur Geburtsüberwachung	21
3.	Anatomie des knöchernen Geburtsweges und Pelvimetrie	24
III.	MATERIAL UND METHODEN.....	25
1.	Material.....	25
1.1.	Geräte.....	25
1.1.1.	iVET®-Geburtsüberwachungssystem	25
1.1.1.1.	iVET®-Sender.....	25
1.1.1.2.	iVET®-Empfänger	26
1.1.1.3.	Funktionsweise des iVET®-Geburtsüberwachungssystems.....	27
1.2.	Verbrauchsmaterial.....	29
1.3.	Reagenzien und Laborbedarf	30
2.	Tiere	30

2.1.	Versuchsbetrieb	30
2.2.	Versuchstiere	31
2.2.1.	Gruppen.....	32
2.3.	Tierversuchsantrag.....	32
3.	Methoden	33
3.1.	Versuchsablauf am Tier	33
3.1.1.	Klinische Eingangsuntersuchung	33
3.1.2.	iVET®-Eingabe.....	35
3.1.3.	Regelmäßige Untersuchungen und Probenentnahmen	35
3.1.4.	Überwachung der Geburt	37
3.1.5.	Vorzeitiger Abbruch des Versuches	37
3.1.6.	Bestimmung der Beckenbreite	38
3.2.	Progesteronmessung	38
3.3.	Statistische Auswertung.....	39
IV.	ERGEBNISSE	41
1.	Die Geburtsüberwachung mittels iVET®	41
1.1.	Fehlalarme und Versuchsabbrüche ó Probleme in der iVET®- Geburtsüberwachung	42
1.1.1.	Können alle Kühe mit dem iVET®-Geburtsüberwachungssystem überwacht werden?	42
1.1.2.	Fehlalarme treten vermehrt bei multiparen Kühen auf	44
1.2.	Gründe für die Versuchsabbrüche	46
1.2.1.	Ist ein Zusammenhang mit den Beckenmaßen gegeben?	46
1.2.2.	Steht die Körperkondition im Zusammenhang mit dem intravaginalen Verbleib der Sender?	47
1.2.3.	Gibt es einen Einfluss der Rasse auf die Fehlalarmrate?.....	49
1.3.	Welche technischen und arbeitsorganisatorischen Besonderheiten traten bei der Überwachung mittels iVET® auf?.....	51
1.3.1.	Technische Fehler während Aktivierung und Betrieb der Sender.....	51
1.3.2.	Welcher Arbeitsaufwand ergibt sich aus einer Nutzung des iVET®- Systems zur Geburtsüberwachung?.....	52
1.3.3.	Möglichkeit der Sender-Reaktivierung reduziert den Arbeitsaufwand durch das iVET®	52

1.4.	Kam es durch die Platzierung des iVET®-Geburtsmelders zu vaginalen Irritationen?	54
1.5.	Wirkt sich die Anwendung der iVET®-Sender auf Fruchtbarkeitskennzahlen aus?.....	56
2.	Untersuchung zur Geburtsvorhersage.....	57
2.1.	Messung des antepartalen Temperaturabfalls	58
2.1.1.	Wie genau ist die Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 24 Stunden mit Hilfe von regelmäßigen Temperaturmessungen?	58
2.1.2.	Kann mit regelmäßigen Temperaturmessungen eine Geburt innerhalb von 12 Stunden vorhergesagt werden?.....	60
2.2.	Geburtsvorhersage mittels Parturition Score	63
2.2.1.	Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 24 Stunden	64
2.2.2.	Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 12 Stunden	66
2.3.	Progesteronmessung im peripheren Blutplasma	67
2.3.1.	Wahrscheinlichkeit einer Geburt innerhalb von 24 Stunden	68
2.3.2.	Abschätzung einer wahrscheinlichen Geburt innerhalb von 12 Stunden ..	69
2.4.	Kombinationsmöglichkeiten von Methoden der Geburtsüberwachung und der Geburtsvorhersage	71
V.	DISKUSSION	73
1.	Konzeptionelle Überlegungen	74
2.	Zuverlässigkeit und Praktikabilität der automatisierten Geburtsüberwachung durch das iVET®-System.....	75
2.1.	Grenzen des iVET®-Systems	77
2.2.	Ursachen für Anwendungsstörungen des iVET®-Systems	77
2.3.	Mehrbelastung statt Arbeitserleichterung?	79
2.4.	Muss auf Grund des aufgetretenen eitrigen Vaginalausflusses mit Fruchtbarkeitsproblemen gerechnet werden?.....	81
3.	Chancen der Kombination von Geburtsvorhersage mit dem automatischen Geburtsmeldesystem.....	82
3.1.	Bestimmung von Progesteron (P4).....	83
3.2.	Anwendung des Parturition Score	84
3.3.	Regelmäßige Temperaturmessungen.....	85
4.	Empfehlungen für die Praxis und zukünftige Entwicklungsziele	87

VI.	ZUSAMMENFASSUNG	89
VII.	SUMMARY.....	92
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	94
IX.	ANHANG	106
1.	Abbildungsverzeichnis.....	116
2.	Tabellenverzeichnis	117
X.	DANKSAGUNG	119

Abkürzungsverzeichnis

SI-Einheiten und Abkürzungen chemischer Elemente sind in diesem Verzeichnis nicht aufgeführt

FP_{\oplus}	Falsch-Positiv-Rate	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
a. p.	ante partum	GSM	Global System for Mobile Communications
a. p.*	ante partum (berechnet)		
Abbr ₀	Tiergruppe ohne Geburtsvorhersage nach Abbruch	h	hora (Stunde)
Abbr ₇	Versuchsabbruch 7 Tage nach errechnetem Geburtstermin	HF	Holstein-Friesian
		hgr.	hochgradig
		innh.	innerhalb
AST	Aspartat-Aminotransferase	K ₂ EDTA	Kalium-Ethylendiamintetraessigsäure
AUC	Area under curve (Fläche unter der Kurve)	kQ	kaudaler
B ₀	Nullwert	LVG	Querdurchmesser
BB	Erschlaffung der Beckenbänder		Lehr- und Versuchsgut der Ludwig-Maximilians-Universität München, Oberschleißheim
BCS	Body Condition Score		
C	Celsius	mgr.	mittelgradig
ca.	circa	MHz	Mega Hertz
chron.	chronisch	min	minutes (Minuten)
CK	Creatinin kinase	mm	Millimeter
cm	Zentimeter	ng	Nanogramm
c _{P4}	Progesteronkonzentration	nm	Nanometer
d	dies (Tag)	npW	negativer prädiktiver Wert
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft	obB	ohne besonderen Befund
E1S	Oestron-3-sulfat	p. p.	post partum
E ₂	Oestradiol-17	P4	Progesteron
EIA	Enzymimmunoassay	P450scc	P450 cholesterol side chain cleavage enzyme
Einh.	Einheiten	PAG	pregnancy-associated glycoprotein
et al.	et alii (und Kollegen)	PG	Prostaglandin
F	Fahrenheit	PGF ₂	Prostaglandin F ₂
FN	falsch negative Tiere	PGFM	15-keto-13,14-dihydro-PGF ₂
FP	falsch positive Tiere	PLA ₂	Phospholipase A ₂
FV	Fleckvieh	PM	perinatale Mortalität
ggr.	geringgradig		
GLDH	Glutamatdehydrogenase		

ppW	positiver prädiktiver Wert	U ₁₂	letzte Untersuchung vor Geburt
PS	Parturition Score nach STREYL et al. (2011)	U ₂₄	vorletzte Untersuchung vor Geburt
PSPB	pregnancy-specific protein B	V.	vena (Vene)
RIA	Radioimmunassay	v. a.	vor allem
RN	richtig negative Tiere	V0	Vorversuchsgruppe
ROC	Receiver-Operating-Characteristic	V1	Hauptversuchsgruppe
RP	richtig positive Tiere	VA	Vaginaler Ausfluss
SD	Standardabweichung	vgl.	vergleiche
SMS	Short Message Service	ZF	Zitzenfüllung
TiT _i _1	laterale Sitzbeinbreite	HBA	-Hydroxybutyrat
T _R	rektale Temperatur	GT	-Glutamyltransferase
T _s	Solltemperatur	T	Temperaturdifferenz
u.	und	g	Mikrogramm
u. a.	unter anderem		Standardabweichung

I. EINLEITUNG

In der Milchviehhaltung ist eine störungssarme Geburt von zentraler Bedeutung aus ökonomischer, tierschutzethischer und tiergesundheitlicher Sicht. Bei der aktuellen Kälbersterblichkeit, welche in Deutschland deutlich über dem anerkannten Sollwert von 5 % liegt (GUNDELACH et al., 2009), ist das richtige Geburtsmanagement der Kuh eine entscheidende Herausforderung an die moderne Rinderhaltung. Denn Geburtsstörungen können nicht nur Schäden oder Verlust der Frucht bedeuten, sondern führen oftmals auch zu einem Rückgang der Milchleistung in der folgenden Laktation sowie zu deutlich verschlechterter Fruchtbarkeit (TENHAGEN et al., 2007). Bei massiven Geburtsstörungen entstehen ohne Berücksichtigung von Spätschäden finanzielle Einbußen von etwa 500 € pro Kuh (MCGUIRK et al., 2007).

Als entscheidende prophylaktische Maßnahme steht hier das Abkalbemanagement im Vordergrund (MEE, 2004). Nur eine umfassende und exakte Geburtsüberwachung kann helfen, Geburtsstörungen rechtzeitig zu erkennen und im entscheidenden Moment die Geburt zu unterstützen. Wichtig ist hierbei eine korrekt durchgeführte Geburtshilfe, bei der weder zu früh und unnötigerweise, noch zu spät in den Geburtsablauf eingegriffen wird. Der richtige Zeitpunkt kann allerdings nur ermittelt werden, wenn bekannt ist, seit wann oder wie lange sich die Kuh bereits in Geburt befindet. Um den Geburtsbeginn nicht zu verpassen, müssen hochtragende Tiere somit möglichst über mehrere Tage alle zwei Stunden kontrolliert werden (STEINHÖFEL, 2012), was einen spürbaren Arbeitsaufwand mit sich bringt. Tatsächlich werden z. B. hochtragende Fleischrinder in den USA im geburtsnahen Zeitraum lediglich etwa dreimal täglich kontrolliert (DARGATZ et al., 2004).

Zur besseren Abschätzung der physiologisch stark streuenden Trächtigkeitsdauer beim Rind (± 5 d) wird schon seit langem versucht, über verschiedene klinische oder endokrinologische Parameter den Kalbtermin vorherzusagen. Selbst ausgereifte und in klinischen Studien getestete Systeme, wie der Parturition Score nach STREYL et al. (2011), haben Geburtsmeldesystemen gegenüber einen entscheidenden Nachteil: So können Methoden zur Geburtsvorhersage stets nur die Wahrscheinlichkeit einer Geburt innerhalb einer festen Zeitspanne angeben.

Zudem muss auch für die Score-Ermittlung und im positiven Fall für Kontrollgänge Arbeitszeit investiert werden. Geburtsmelder dagegen informieren den Landwirt über die unmittelbar bevorstehende Geburt, gehen aber andererseits mit gewissen Anschaffungskosten einher. Technische Möglichkeiten der Geburtsüberwachung (z. B. Kamerasysteme) oder Geburtsmeldung (z. B. Alarmierung per Telefonanruf) werden in den letzten Jahren verstärkt in landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt, um sowohl Arbeitszeit einzusparen, als auch das Geburtsmanagement zu verbessern.

Die vorliegende Arbeit soll die Erfolgsquote eines neuen automatischen Geburtsmeldesystems (iVET[®]) ermitteln und mit herkömmlichen Methoden der Geburtsvorhersage vergleichen. Besonderes Augenmerk wird dabei nicht nur auf die technische Zuverlässigkeit des Geburtsmelders, sondern auch auf die Verträglichkeit der Sender gelegt. Eine Empfehlung für die praktische Durchführung der Geburtsüberwachung ist das Ziel der Studie.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Klinische und hormonelle Veränderungen bei nahender Geburt

1.1. Klinische Veränderungen

1.1.1. Klinische Veränderungen im Vorbereitungsstadium der Geburt

Zwei bis drei Wochen vor der Abkalbung beginnt das sogenannte Vorbereitungsstadium (GRUNERT & ANDRESEN, 1996). Ausgelöst werden die hierbei auftretenden Veränderungen vor allem durch einen deutlichen Anstieg von Östrogenen im maternalen Blut (s. u. 1.2.2). Sehr früh ó und bei primiparen Tieren teilweise bereits im vierten Monat der Gravidität (GRUNERT, 1993) ó beginnt sich das Euter zu vergrößern. Ab ca. ein bis zwei Wochen ante partum (a. p.) nimmt die sichtbare Vergrößerung des Euters kontinuierlich zu. Das Euter schwollt etwa ein bis zwei Tage a. p. auf die maximale Größe an (BERGLUND et al., 1987). Das hiermit in Zusammenhang stehende physiologische Euterödem tritt dagegen in erster Linie bei jüngeren Tieren auf (GRUNERT, 1993). Eine Eutervergrößerung kann fast immer beobachtet werden (KORNMATITSUK et al., 2000), allerdings schwanken sowohl die Deutlichkeit als auch das zeitliche Auftreten dieses Symptoms individuell sehr stark (BERGLUND et al., 1987). In einzelnen Fällen kann eine eindeutige Eutervergrößerung oder ein ausgeprägtes Euterödem sogar erst während oder nach der Geburt bemerkt werden (DUFTY, 1971; SCHULZ & SAUCK, 1988).

Infolge der Veränderung des Trockenstehersekrets hin zu einem dicklichen, milchähnlichen Sekret (Kolostrum), beginnen sich Euter und Zitzenzisterne zu füllen. Dieses „Einschießen“ der Milch erfolgt meist einige Stunden bis wenige Tage a. p. und kann zu einem Abfließen von Kolostrum führen (GRUNERT, 1993).

In einem engen zeitlichen Zusammenhang zur Vergrößerung des Euters beginnt generell auch die Vulva deutlich anzuschwellen (BERGLUND et al., 1987). Gleichwohl finden sich auch hierzu in der Literatur sehr unterschiedliche Zeitangaben von 60 h (KORNMATITSUK et al., 2000) bis zu 14 Tagen a. p. (BERGLUND et al., 1987). Diese großen Unterschiede heben hervor, dass es

wichtig ist, den Grad der Vulvaödematisierung zu differenzieren. Ein erstes Anschwellen der Vulva sollte klar von einer ausgeprägten Ödematisierung unterschieden werden. Zudem wird auch aus diesem Beispiel ersichtlich, dass die Interpretation von Beobachtungsergebnissen problematisch sein kann. In den letzten Tagen a. p. nimmt der Grad der Ödematisierung der Vulva konstant zu (HOFMANN, 2006). Außerdem konnten BERGLUND et al. (1987) einen signifikanten zeitlichen Unterschied zwischen primiparen und pluriparen Kühen aufzeigen: Bei Tieren vor der ersten Kalbung begann die Vulva erst vier bis neun Tage a. p. anzuschwellen, wohingegen dieses Geburtsanzeichen bei Kühen nach der zweiten oder dritten Laktation bereits 9-14 Tage a. p. auffiel (BERGLUND et al., 1987). Eine ausgeprägte Ödematisierung konnten die Autoren, wiederum in Abhängigkeit von der Anzahl der vorangegangenen Geburten, erst ein bis fünf Tage a. p. beobachten. Der Grad der Ödematisierung dagegen weißt keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich zwischen primiparen und pluriparen Kühen auf (HOFMANN, 2006). HARTWIG (1983) beobachtete in diesem Zusammenhang eine durchschnittliche Zunahme der Strecke vom Zentrum des Anus zum ventralen Vulvawinkel von 0,6 cm und 1,0 cm bei Kalbinnen bzw. multiparen Kühen innerhalb der letzten zehn Tage a. p. Zusätzlich kann es bei einzelnen, vor allem primiparen Tieren zu einer vermehrten Pigmentierung der haarlosen Haut der Schamlippen kommen (DUFTY, 1971).

Mit der Ödematisierung der Vulva kommt es zudem zu einer linearen Verlängerung und Verbreiterung der Scham (DUFTY, 1971; KORNMATITSUK et al., 2000). Allerdings schwanken die Messwerte individuell und zum Teil sogar tageszeitlich deutlich.

Etwa zur gleichen Zeit beginnt auch eine ausgeprägte Ödematisierung der Vaginal- und Vestibularschleimhaut und, damit einhergehend, eine unterschiedlich prägnante und inkonstante Sekretabsonderung (HARTWIG, 1983). Bei fast jedem Tier kann wenige Tage vor der Geburt eine Schleimabsonderung ó oftmals als zäher Schleimfaden aus der *rima vulvae* herabhängend ó beobachtet werden (GRUNERT, 1993; KORNMATITSUK et al., 2000). Auch hierbei variieren sowohl Zeitpunkt als auch Menge des Sekrets sehr (HOFMANN, 2006). Bei primiparen Kühen stellt der Autor eine deutlich geringere Sekretabsonderung als bei pluriparen Kühen fest. Dieser unregelmäßig

zu beobachtende Schleimabgang ist klar abzugrenzen von dem Abgang des Schleimpfropfes, welcher bis unmittelbar vor der Geburt den *canalis cervicalis* verschließt. Erst während der passiven Phase des Öffnungsstadiums geht dieser Schleimpfropf ab (GRUNERT, 1993). Die Farbe der Vestibularschleimhaut ändert sich sehr selten und bleibt meist bis zur Geburt hin blass rosa bis rosarot. (HOFMANN, 2006).

1.1.2. Klinische Veränderungen am Tag der Abkalbung und während des Öffnungsstadiums

Der Übergang vom Vorbereitungs- zum Öffnungsstadium ist fließend und nur schwer feststellbar. Definitionsgemäß beginnt dieses Stadium mit der Öffnung des inneren Muttermundes und dauert in etwa 6–16 h (GRUNERT & ANDRESEN, 1996). Bis kurz vor der Geburt ist die Zervix aber geschlossen. Oft kann in den letzten ein bis zwei Tagen a. p. ein Finger etwa bis zur Mitte der Zervix eingeführt werden. In Ausnahmefällen kann die Zervix bei älteren Kühen für zwei bis vier Finger bis zu einer Tiefe von 6–7 cm palpiert werden. Infolge einer Erschlaffung der zervikalen Ringmuskulatur beginnt sich die Zervix individuell unterschiedlich zwischen sieben Stunden und mehr als einem Tag vor Beginn des Austreibungsstadiums craniocaudal zu öffnen (DUFTY, 1971; GRUNERT, 1993).

Der eigentliche Geburtsbeginn ist in der Veterinärmedizin nicht einheitlich definiert. Im humanmedizinischen Sprachgebrauch wird mit „Beginn der Geburt“ der Zeitpunkt bezeichnet, an dem regelmäßig alle 10 min Wehen einsetzen. Alternativ kann auch der Sprung der Fruchtblasen oder das sogenannte „Zeichnen“ (Abgang des zervikalen Schleimpfropfes) den Beginn der Geburt darstellen (PSCHYREMBEL, 2002). Analog hierzu könnte der Geburtsbeginn bei der Kuh mit abgeschlossener Tonussenkung der glatten Muskulatur in Uterus, Zervix und Vagina (passive Phase des Öffnungsstadiums) festgesetzt werden. In diesem Moment beginnt mit Einsetzen der Wehen die aktive Phase des Öffnungsstadiums (GRUNERT, 1993). Einige Autoren (BERGLUND et al., 1987; KORNMATITSUK et al., 2000) definierten den Zeitpunkt des Geburtsbeginns lediglich als Verhaltensänderung mit wiederholten Zyklen von Stehen und Liegen sowie Anzeichen von Kolik und einer allgemeinen Unruhe (vgl. unten).

Etwa zeitgleich mit der Öffnung der Zervix wird eine starke bis komplette Erschlaffung der breiten Beckenbänder deutlich (DUFTY, 1971). Diese Erweichung beginnt meist schon ein bis drei Wochen vor der Geburt (BERGLUND et al., 1987; SCHULZ & SAUCK, 1988) und prägt sich zur Geburt hin immer deutlicher aus (DUFTY, 1971). SHAH et al. (2006) maßen die Eindrückbarkeit der Beckenbänder an den letzten Tagen a. p. So beträgt dieser Wert am Tag 100 der Trächtigkeit nur 8 ± 1 mm. Bis zum Tag 2 a. p. steigt dieser Wert kontinuierlich auf 24 ± 2 mm, um anschließend einen signifikanten Anstieg auf 31 ± 2 mm innerhalb des letzten Tages vor der Geburt zu beschreiben (SHAH et al., 2006). In Einzelfällen wird die deutlichste Erschlaffung der Beckenbänder erst wenige Stunden nach der Geburt erreicht (SCHULZ & SAUCK, 1988). Auch diese klinische Veränderung ist individuell unterschiedlich ausgeprägt: Zwar ist bei jedem Tier eine gewisse Erschlaffung der Beckenbänder tastbar (KORNMATITSUK et al., 2000), aber ein vollständiges Einfallen konnten BERGLUND et al. (1987) lediglich für 49,3 % der Tiere belegen. SCHULZ und SAUCK (1988) beobachteten zwar bei 70 % der Kühe und 77 % der Kalbinnen eine starke Lockerung des Bandapparates, beschrieben aber auch, dass die übrigen Tiere bei nur mittelgradiger Lockerung der Beckenbänder in Geburt kamen. Ein ähnliches Phänomen ist die allmähliche Lockerung der Schwanzbänder, welche durch ein Abknicken des distalen Schwanzendes getestet werden kann (GRUNERT, 1993; REXHA, 1993).

Schon lange ist bekannt, dass bei Kühen die innere Körpertemperatur etwa zwei Tage vor der Geburt ansteigt, dann aber kurz vor der Geburt wieder deutlich absinkt (GRAF & PETERSEN, 1953). Der typische Temperaturabfall unmittelbar a. p. kann vor allem durch häufige und exakte rektale oder vaginale Messungen innerhalb der letzten 48 h a. p. dokumentiert werden und beträgt in etwa $0,5^{\circ}\text{C}$ bis 1°C (DUFTY, 1971; LAMMOGLIA et al., 1997). Die vaginale Temperatur fällt 48–36 h a. p. ab, erreicht ihren Nadir ($38,5 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$) zwischen 18 h und 13 h a. p. und beginnt unmittelbar vor der Kalbung wieder anzusteigen (BURFEIND et al., 2011). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen AOKI et al. (2005): Die Autoren konnten einen vaginalen Temperaturabfall um mindestens $0,5^{\circ}\text{C}$ nachweisen, welcher bei Rindern ohne Zwillinge 1.782 min a. p. erreicht war. KORNMATITSUK et al. (2000) beschreiben einen ähnlichen rektalen Temperaturablauf: Laut den Autoren beginnt die Körpertemperatur etwa 48 h (ab

16 h signifikant um 1 °C) a. p. abzufallen. In derselben Studie wurde eine deutliche negative Korrelation zwischen Körperinnentemperatur und Plasma-Progesteron gefunden (KORNMATITSUK et al., 2000). LAMMOGLIA et al. (1997) stellten zudem vor dem deutlichen Temperaturabfall ab etwa 48 h a. p. eine höhere Körperinnentemperatur bei Kühen fest, die Bullenkälber zur Welt brachten, im Vergleich zu Kühen, die weibliche Kälber gebaren. Das Gewicht des Kalbes scheint laut dieser Studie den Temperaturverlauf ebenfalls zu beeinflussen: So beschreiben die Autoren bei schwereren Kälbern eine hochsignifikant höhere Temperatur vor, während und nach der Kalbung. Neuere Studien konnten einen Zusammenhang des Temperaturverlaufes mit dem Geschlecht der Kälber nicht mehr bestätigen (AOKI et al., 2005). Am Tag der Abkalbung beginnt die innere Körpertemperatur erneut anzusteigen, befindet sich aber an den Tagen nach der Geburt immer noch etwas unterhalb des physiologischen Levels (GRAF & PETERSEN, 1953).

Unmittelbar vor und während der Kalbung steigen auch die Herz- und Atemfrequenz bei der Kuh an (GRAF & PETERSEN, 1953). Die Herzfrequenz erhöht sich von durchschnittlich 82 Schläge/min auf etwa 97 Schläge/min an. Die Atemfrequenz steigt während der Kalbung auf durchschnittlich 55 Atemzüge/min bis etwa zwei Stunden p. p. an. Nach der Abkalbung normalisieren sich die Werte allerdings schnell wieder und befinden sich einen Tag nach der Kalbung bereits wieder im physiologischen Bereich (GRAF & PETERSEN, 1953).

Innerhalb der letzten 24 h a. p. ändert sich auch das Verhalten der Mutterkuh deutlich. Als erste Anzeichen einer bevorstehenden Geburt zeigt die Kuh ein zur Herde asynchrones Verhalten. Sie nimmt unter anderem kein Futter auf, wenn andere Tiere in der Herde zu fressen beginnen und separiert sich, wenn möglich, von der Herde (LIDFORS et al., 1994). Diese Separation ist aber nicht bei jeder Kuh zu beobachten (OWENS et al., 1985; LIDFORS et al., 1994).

Eine typische Unruhe lässt in dieser Phase dagegen die bevorstehende Geburt leicht erkennen. Verschiedene Autoren definieren daher auch die ersten Anzeichen von Unruhe als Beginn der Geburt (BERGLUND et al., 1987; KORNMATITSUK et al., 2000). Diese Unruhe wird als zielloses Fortbewegen, lautes Brüllen, vermehrtes Schwanzschlagen, Kopfwenden und -schütteln, frequentes Aufstehen und Ablegen, Aufnahme kleiner Futterportionen und den plötzlichen Abbruch dieser unterschiedlichen Verhaltensweisen und Tätigkeiten

beschrieben (LEWANDROWSKI & HURNIK, 1981; OWENS et al., 1985; LIDFORS et al., 1994; MIEDEMA et al., 2011a, 2011b). Sehr deutlich wird die Unruhe, welche die Tiere in dieser Phase befällt, auch in den häufigen Wechseln von Niederlegen und erneutem Aufstehen. So legen sich die Kühe vor allem am Tag vor der Geburt deutlich häufiger ab (MIEDEMA et al., 2011b). Die durchschnittliche Liegedauer ist aber in diesen letzten 24 h signifikant niedriger. Erst in den letzten sechs Stunden a. p. steigt die Liegedauer wieder an (MIEDEMA et al., 2011a). Entsprechend sinkt in den letzten zwei Stunden die Anzahl der Schritte (MIEDEMA et al., 2011b).

Auch die Futteraufnahme sinkt am Tag vor der Kalbung deutlich und steigt erst einen Tag p. p. wieder an (LEWANDROWSKI & HURNIK, 1981). MIEDEMA et al. (2011a) konnten diesbezüglich ausgeprägte individuelle Schwankungen beobachten und stellten bei 3 von 20 Kühen a. p. sogar eine Zunahme in der Futteraufnahme fest. Entsprechend der Futteraufnahme sinkt in den letzten Stunden a. p. auch die Wiederkautätigkeit. In mehreren Studien wurde am Tag der Kalbung eine signifikant verminderte Rumination gegenüber vorangegangenen Tagen gemessen (SORIANI et al., 2012; HOY, 2015). HOY (2015) konnte die deutliche Verminderung der Wiederkaudauer ohne Unterschied zwischen Kalbinnen und Kühen auf durchschnittlich vier Stunden a. p. eingrenzen. Nach der Kalbung stellte der Autor einen raschen Anstieg der Wiederkautätigkeit bis auf deutlich höhere Werte verglichen mit den letzten Tagen a. p. fest.

Am Tag vor der Geburt und insbesondere in den letzten sechs Stunden kann ein signifikant häufiger auftretendes Anheben des Schwanzes beobachtet werden (MIEDEMA et al., 2011a). Zwei Stunden a. p. bei Kühen und vier Stunden a. p. bei Kalbinnen nimmt auch die Dauer des Schwanzanhebens zu (MIEDEMA et al., 2011b).

Eine unregelmäßige Bauchpresse und dabei häufiger Absatz kleinerer Mengen Urin oder Kot kann bereits etwa 80 min vor der Geburt beobachtet werden (OWENS et al., 1985). Liegen die Kühe dabei in Brustlage, wird meistens eine Hintergliedmaße ausgestreckt. Ab ca. 25 min vor Geburtsbeginn sind bei Kühen eindeutig Presswehen zu erkennen. Hierbei liegen die Kühe meist in einer seitlichen Lage, und ein Großteil der Tiere brüllt regelmäßig bei jeder Wehe. Die Allantoisblase wird meist zuerst sichtbar, wenn die Kuh in Brustlage liegt und springt oftmals kurz darauf im Liegen oder beim Aufstehen. Der Blasensprung

kann als definitiver Geburtszeitpunkt bei kontinuierlicher Beobachtung exakt bestimmt werden. Die Kuh bleibt zumeist bis zum Ende der Abkalbung in der unmittelbaren Nähe des Ortes, an dem die Fruchtblasen gesprungen sind (OWENS et al., 1985).

Mit dem Sprung der Fruchtblasen endet das Öffnungsstadium. Es beginnt das Aufweitungsstadium und damit der Austrieb der Frucht (GRUNERT & ANDRESEN, 1996).

1.2. Endokrinologische Veränderungen

Für die Gravidität und die Vorbereitung der Mutter auf die Geburt sind sowohl Sexualsteroidhormone wie Progesteron oder Östrogen, als auch Prostaglandine, Glukokortikoide, Prolaktin und Oxytocin von regulatorischer Bedeutung. Für diese und auch für Pregnancy Associated Glycoproteins (PAG) wurden eine Vielzahl von Untersuchungen über deren Nachweisbarkeit beim trächtigen Tier sowie zur typischen Konzentrationsdynamik im Blut und/oder Milch durchgeführt.

1.2.1. Progesteron

Das Steroidhormon Progesteron (P4) ist essentiell für den Sexualzyklus und die erfolgreich verlaufende Trächtigkeit. Die Aufgaben und Effekte sind mannigfaltig. So ist P4 u. a. beteiligt an einer der Trächtigkeit entsprechenden Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse, der Vorbereitung des Uterus auf die Implantation, der Versorgung des Fetus und der Hemmung der Uterus-Kontraktilität (GOMES & ERB, 1965). Daher gilt Progesteron als das Hormon, welches die Schwangerschaft/Trächtigkeit erhält.

Schon zu Beginn des 20ten Jahrhunderts stellten Vilhelm Magnus und Ludwig Fraenkel fest, dass für die Aufrechterhaltung einer Trächtigkeit bei Hasen ein Gelbkörper entscheidend ist. Sie schlussfolgerten, dass im *corpus luteum* endokrine Stoffe produziert werden, die eine Implantation und erste Versorgung des Embryos ermöglichen (FRAENKEL, 1910). Und bereits im Jahr 1934 isolierten vier Labore unabhängig voneinander das neue Hormon, welchem noch im folgenden Jahr der Name „Progesteron“ zugesprochen wurde (BUTENANDT & WESTPHAL, 1934; FELS, 1934; HARTMANN & WETTSTEIN, 1934; WINTERSTEINER & ALLEN, 1934).

Die Synthese von Progesteron findet in erster Linie im *corpus luteum* und in der Plazenta statt. In diesen Organen wird zunächst Cholesterol an den Mitochondrien mittels P450 cholesterol side chain cleavage enzyme (P450scc) in Pregnenolon umgewandelt (STONE & HECHTER, 1954; DIAZ et al., 2002). In einem zweiten Schritt entsteht durch die 3'-hydroxysteroid-dehydrogenase im Endoplasmatischen Retikulum Progesteron (HANUKOGLU, 1992). Die hierbei entstehende Menge an Progesteron wird hauptsächlich durch die Anzahl von Lutealzellen und deren Größe, sowie durch den Blutfluss und durch Rezeptoren zur Aufnahme von Cholesterol beeinflusst (NISWENDER et al., 2000). Luteotrope Hormone (Luteinisierendes Hormon, Somatropin, Prolactin, Immunoglobulin F-I, Oxytocin, Prostaglandin E₂, Prostaglandin I₁) unterstützen das Wachstum und die Funktion des *corpus luteum* (NISWENDER et al., 2000) und stimulieren somit die Synthese von Progesteron.

In erster Linie wird zirkulierendes Progesteron in der Leber metabolisiert. Die Endprodukte dieser irreversiblen Metabolisierung stellen wasserlösliche und funktionslose Stoffe (v. a. Androsteron) dar, welche über den Darm ausgeschieden werden. Katalysator dieser Reaktionen ist Nicotinamidadenindinukleotid (RICO, 1983).

Bei nicht tragenden Kühen steigt die Progestagenkonzentration im *corpus luteum* innerhalb der ersten vier Zyklustage deutlich an und bleibt dann auf einem mehr oder weniger konstanten Level von etwa 25635 µg/g bis zum Tag neun oder zehn. Dieser Anstieg entspricht dem proliferativen Corpus-luteum-Stadium. Am 14ten und 15ten Zyklustag steigt die Progestagenkonzentration erneut an und fällt anschließend bis zum Beginn des folgenden Zyklus wieder ab (GOMES et al., 1963). Während vorgenannte Autoren noch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Progesteronkonzentration im Blut der *v. jugularis* und dem Zyklustag nachweisen konnten, gelang dies RAJAMAHENDRAN et al. (1976): Mit einem deutlichen Anstieg ab dem dritten Zyklustag von unter 1 ng/ml Blutplasma auf 5,2 ng/ml am Tag 14 und dem darauf folgenden schnellen Abfall der Konzentration auf unter 1 ng/ml am Tag 21 stimmt der Progesteronverlauf im venösen Blut relativ genau mit der Anbildungs- und Rückbildungsphase des *corpus luteum* überein. WISE et al. (1982) bestätigten diese Ergebnisse in ihren Untersuchungen.

Bei der tragenden Kuh steigt die Progesteronkonzentration innerhalb von drei

Wochen steil auf sehr hohe Werte an (bis zu 12 ng/ml Blutplasma), worauf zunächst ein leichter Abfall folgt (SCHAMS et al., 1972). Anschließend können in den ersten drei Monaten der Trächtigkeit Konzentrationen zwischen 8,9 und 9,7 ng/ml Plasma ($9,4 \pm 0,2$ ng/ml) gemessen werden. Im vierten Monat fällt der Progesteronspiegel zunächst signifikant ab auf etwa 6,9 ng/ml \pm 0,8 ng/ml Plasma und bleibt für die restliche Zeit der Gravidität durchschnittlich knapp unter 6,5 ng/ml Plasma. Eine Woche vor der Geburt steigt die Progesteronkonzentration im Plasma noch einmal innerhalb von zwei Tagen von etwa 5,7 ng/ml \pm 0,4 ng/ml auf ca. 7,5 ng/ml \pm 1,0 ng/ml an (EISSA & EL-BELELY, 1990). Ein etwas anderer Verlauf der Progesteron-Werte wurde von STABENFELDT et al. (1970) veröffentlicht. Die Autoren beschreiben am Tag 250 einen Anstieg der P4-Konzentration im Blutplasma von ca. 5 ng/ml Plasma auf etwa 7 ng/ml Plasma mit einem darauf folgenden Abfall auf ca. 4 ng/ml Plasma bis zum Tag 10 a. p. EDQVIST et al. (1978) konnten einen signifikanten linearen Abfall der Progesteronkonzentration an den Tagen 60 bis 5 a. p. nachweisen. KORNMATITSUK et al. (2003) bestätigten einen linearen Abfall während der späten Trächtigkeit und etwa eine Woche a. p. einen deutlich verstärkten Abfall der P4-Konzentration im Blut. Ein abrupter Abfall der Progesteronkonzentration innerhalb von 48-24 h a. p. auf oder unter ca. 1 ng/ml wird in der Literatur einheitlich beschrieben (GOMES & ERB, 1965; STABENFELDT et al., 1970; EDQVIST et al., 1978; WISCHRAL et al., 2001; KORNMATITSUK et al., 2003). Allerdings kann die Dynamik dieses Abfalls individuell sehr unterschiedlich sein. Vermutlich findet bei einer nachfolgenden *retentio secundinarum* dieser Progesteronabfall etwas verzögert und weniger deutlich statt (AGTHE & KOLM, 1975).

1.2.2. Östrogene

Neben der Progesteronbildung findet in der bovinen Plazenta auch die Synthese von Östrogenen statt. Die 17'-Hydroxylase-C 17/20-Lyase synthetisiert aus dem Progesteronmetaboliten Androstenedion die aktiven Substanzen Oestradiol-17 (E₂), Oestron und Oestriol (KINDAHL et al., 2004; HARTMANN, 2011). Konjugiertes Oestron, das Oestron-3-sulfat (E1S), steht hierbei als Hauptsyntheseprodukt im Vordergrund. Die Synthese von E1S beginnt lokal schon sehr früh in der Gravidität (um den 33. Graviditätstag). Im maternalen Blut steigt die Konzentration erst ab dem Tag 70-100 bis zum Tag 265 der Gravidität

an (EISSA & EL-BELEY, 1990; HOFFMANN & SCHULER, 2002). Steigende Östrogenkonzentrationen führen unter anderem zu einer Ödematisierung des Geburtsweges und der Öffnung der Zervix und stimulieren zudem die Freisetzung von PGF₂ durch das Endometrium (KINDAHL et al., 2004). Wenige Tage a. p. kommt es zusätzlich zu einem steilen Anstieg der Plasmakonzentrationen von freien Östrogenen (Oestron, Oestradiol-17^α, Oestradiol-17^β), welche am Tag vor der Geburt ihre höchsten Werte erreichen und daraufhin innerhalb eines Tages auf Basalwerte abfallen (ROBERTSON, 1974; WISCHRAL et al., 2001; KORNMATITSUK et al., 2004; SHAH et al., 2007). Anderen Autoren zufolge bleibt die Östrogenkonzentration in den letzten drei Tagen a. p. annähernd auf einem Niveau (AGTHE & KOLM, 1975) oder beschreibt sogar einen kontinuierlichen Abfall. Allerdings ist dieser Abfall zeitlich offensichtlich nicht von der Geburt, sondern vom Abgang der Nachgeburt abhängig (HOFFMAN et al., 1979). Die Autoren beschreiben eine hohe Konzentration von E1S nach einer durch Ovarektomie ausgelösten Geburt. Erst etwa 60 h nach einer partiellen manuellen Abnahme der Nachgeburt fällt diese hohe E1S-Konzentration signifikant ab. HOFFMAN et al. (1979) folgern hieraus, dass die Synthese von Östrogen im fetalen Anteil der Plazenta stattfindet, aber unabhängig ist von fetalen Vorläuferstoffen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch AGTHE et al. (1975), die in ihrer Studie eine deutlich erhöhte Östrogenkonzentration während der Geburt und einen langsameren und späteren Abfall der Östrogene im maternalen Blut bei Vorliegen einer *retentio secundinarum* beschrieben. Diese Ergebnisse konnten andere Autoren nicht bestätigen (WISCHRAL et al., 2001; SHAH et al., 2007).

1.2.3. Glukokortikoide

Während die Konzentration der Glukokortikoide (Kortisol, Kortison und Kortikosteron) im Blut während des zweiten und dritten Trächtigkeitsmonats hoch ist (8,068,3 ng/ml Plasma), sinkt diese Konzentration im vierten Monat signifikant ab und verbleibt dann konstant auf etwa 3 ng/ml Plasma (EISSA & EL-BELEY, 1990). Ein Anstieg der Glukokortikoide während der Geburt auf etwa 10 ng/ml Plasma wird von vielen Autoren beobachtet (ADAMS & WAGNER, 1970; SMITH et al., 1973). Dieser Anstieg ist bei Zwillingssgeburten deutlicher ausgeprägt (KINDAHL et al., 2004). EISSA und EL-BELEY (1990) beschreiben diesen Anstieg genauer: Einen ersten kurzen und steilen Anstieg der

Glukokortikoide im maternalen Blut beobachteten die Autoren bei allen Tieren am sechsten Tag a. p. Der zweite Anstieg auf $8,6 \pm 0,4$ ng/ml Plasma erfolgte am Tag vor der Kalbung. Unmittelbar nach der Kalbung fällt die maternale Glukokortikoidkonzentration wieder ab (ADAMS & WAGNER, 1970; SMITH et al., 1973; EISSA & EL-BELEY, 1990; KÖNIGSSON et al., 2001). Von einem weniger deutlich ausgeprägten Abfall der Kortisolkonzentration p. p. wird bei Kühen mit Nachgebürtsverhalten berichtet (WISCHRAL et al., 2001).

1.2.4. Pregnancy-specific protein B und Pregnancy associated Glycoprotein

Von sogenannten binuklearen Riesenzellen der Plazenta werden spezifische Proteine [pregnancy-specific protein B (PSPB) und pregnancy-associated glycoproteins (PAG)] sezerniert. SASSER et al. (1986) wiesen PSPB bereits 24 Tage *post conceptionem* (p. c.) im maternalen Serum nach. Bis zum Tag 70 p. c. verbleibt die Konzentration auf einem sehr niedrigen Niveau ($3,0 \pm 0,6$ ng/ml) und steigt erst dann kontinuierlich bis zum 150. Tag der Trächtigkeit an (19 ± 3 ng/ml). Bis zum Tag 262 beobachteten die Autoren einen plötzlichen Konzentrationsanstieg auf 73 ± 18 ng/ml, gefolgt von einem weiteren Anstieg auf 495 ± 87 ng/ml zum Zeitpunkt der Geburt. Die PAG-Konzentration im maternalen Blut folgt einem ähnlichen zeitlichen Verlauf: Vom Tag 22 bis zum Tag 240 der Trächtigkeit steigt die PAG-Konzentration kontinuierlich auf über $158,9 \pm 60,2$ ng/ml. Hierauf folgt ein steiler Anstieg auf $1551,9 \pm 589,7$ ng/ml am Tag 270 und ein weiterer Anstieg während der letzten zehn Tage der Trächtigkeit mit einem Maximum von $2462,4 \pm 1017,9$ ng/ml am Tag fünf bis eins a. p. (ZOLI et al., 1992; KORNMATITSUK et al., 2004). Nach der Geburt fällt die Konzentration von PSPB und PAG schnell und kontinuierlich ab (SASSER et al., 1986; ZOLI et al., 1992). Die Halbwertszeit von PAG beträgt p. p. etwa neun Tage, so dass nach etwa 80–90 Tagen Basalwerte erreicht werden (HAUGEJORDEN et al., 2006).

1.2.5. Prostaglandin

Prostaglandine (PG) werden durch das Enzym Cyclooxygenase (COX) aus Arachnidonsäure synthetisiert. Entscheidend in der geburtsvorbereitenden Phase ist das Prostaglandin F₂ (PGF₂), welches u.a. im Endometrium synthetisiert wird (KINDAHL et al., 2004). Aus PGF₂ wird schnell 15-keto-13,14-dihydro-PGF₂

(PGFM) metabolisiert, welches im Blut zirkuliert und weiter metabolisiert mit dem Harn ausgeschieden wird (GRANSTROM & KINDAHL, 1982). Steigende PGF₂-Konzentrationen lösen die Luteolyse zum Ende des Diöstrus und kurz vor der Geburt aus. Ein entscheidender Unterschied hierbei besteht in der Qualität der Konzentrationserhöhung von Prostaglandin. Im Gegensatz zu der Situation im Zyklus, bei welcher PGF₂ in pulsierenden Wellen ausgeschüttet wird, beschreibt der antepartale Anstieg einen kontinuierlichen Graphen (KÖNIGSSON et al., 2001). Zumeist besteht a. p. eine enge Verbindung zwischen dem Anstieg der Kortisol- und Östrogen-Konzentrationen und derjenigen von PGF₂ (KINDAHL et al., 2002; KINDAHL et al., 2004). Kortisol hemmt hierbei die Phospholipase A₂ (PLA₂), wodurch infolge des negativen Feedback-Mechanismus die Prostaglandinsynthese ansteigt. Des Weiteren stimuliert Östrogen die intrauterine Prostaglandin-Produktion. Insbesondere wird hierbei PGF₂ und PGE₂ freigesetzt (LYE, 1996; WHITTLE et al., 2000). Der erste signifikante (> 2 SD) Anstieg von PGFM im Blut findet vier bis einen Tag a. p. statt. Bis etwa fünf Tage p. p. bleibt PGFM auf über 600 pg/ml und fällt erst danach kontinuierlich bis zum 10. ó20. Tag p. p. auf Basalwerte ab (EDQVIST et al., 1978; KORNMATITSUK et al., 2003). Den Nadir erreicht die PGFM-Konzentration laut KÖNIGSSON et al. (2001) ca. am Tag vier oder drei a. p., wohingegen andere Autoren steigende PGFM-Werte bis zur Geburt und wenige Stunden darüber hinaus beschreiben (LAMMOGLIA et al., 1997; WISCHRAL et al., 2001). Zudem werden p. p. höhere Werte von PGFM- und Prostaglandin E-Metaboliten (PGEM) bei Kühen mit Nachgeburtshaltung beschrieben, was eventuell auf stressbedingt erhöhte Kortisol-Werte zurückzuführen ist (WISCHRAL et al., 2001).

1.2.6. Prolaktin

Prolaktin steigt am Tag vor der Geburt signifikant an auf über 60 ng/ml Blutplasma und bleibt bis einen Tag nach der Geburt deutlich über Werten, die zwei oder mehr Tage vor der Geburt gemessen werden können (20-40 ng/ml Plasma) (CHEW et al., 1977). CURRIE et al. (1988) fanden bei Ziegen einen ähnlichen Anstieg am Abend vor der Geburt, welcher aber eine immense Streuung von Werten zwischen 196 und 3.155 ng/ml Plasma aufwies. Ähnlich wie der unter der Geburt ansteigende Kortisol-Spiegel müssen diese erhöhten Prolaktinwerte getrennt von den hormonellen Veränderungen zur

Geburtsvorbereitung betrachtet werden, da sie nicht kausal mit dem Geburtsvorgang in Verbindung gebracht werden können (HOFFMANN, 1994).

1.2.7. Oxytocin

Zwar befindet sich die Oxytocinplasmakonzentration beim Rind bis in die Anfangsphase der Geburt hinein auf Basalniveau (< 10 pg/ml), kann dann aber mit Eintreten der Frucht in den Geburtsweg schnell auf bis zu 200 pg/ml Plasma ansteigen (HOFFMANN, 1994). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen CURRIE et al. (1988) bei Ziegen. Diese hohe Oxytocinkonzentration verstärkt in der aktiven Phase des Öffnungsstadiums und in der folgenden Austreibungsphase die Wehentätigkeit in Folge des Ferguson-Reflexes (GRUNERT & ANDRESEN, 1996).

2. Geburtsüberwachung

2.1. Status quo in Milchviehbetrieben

Ein hoher Handlungsbedarf im Bereich der Geburtsüberwachung, des Abkalbemanagements und der Kälbererstversorgung wird schon alleine durch die erschreckend hohe perinatale Mortalität weltweit deutlich. So berichtet MEE (2013) von einer perinatalen Mortalität zwischen 2 und 20 % bei der Milchkuhhaltung in unterschiedlichen Ländern. Als eine der wichtigsten Ursachen für diese alarmierend hohen Zahlen sieht der Autor das Management der Geburt. So könnte eine verbesserte Überwachung vor und während der Geburt eine Vielzahl dieser Todesfälle verhindern, die zu etwa 75 % innerhalb von einer Stunde um die Geburt geschehen (MEE, 2008, 2013). Auch in Deutschland und in Bayern kann von einer perinatalen Mortalitätsrate von etwa 10 % ausgegangen werden (ESSMEYER, 2006; GUNDELACH et al., 2009; HOEDEMAKER et al., 2010). Im Jahresbericht 2013 der Milchleistungsprüfung in Bayern wird der Prozentsatz von Kälberverlusten bis zu einem Alter von 30 d zwar mit 9 % (männlich) und 5,4 % (weiblich) angegeben, allerdings ist davon auszugehen, dass die Dunkelziffer an ungemeldeten Fällen sehr hoch sein dürfte (LKV BAYERN, 2013). Als anzustrebendes Ziel gibt DE KRUIF (2013b) eine perinatale Mortalitätsrate von höchstens 5 % an.

Nach eigenen Erfahrungen und Beobachtungen finden gründliche und regelmäßige Geburtsüberwachungen selten statt. Leider sind dazu in der Literatur

keine genauen Daten verfügbar. Vergleichbare Zahlen bei Fleischrassen in den USA besagen, dass im Durchschnitt Kalbinnen lediglich $3,6 \pm 0,1$ -mal und Kühe sogar lediglich $2,5 \pm 0,1$ -mal pro Tag in der geburtsnahen Phase kontrolliert werden (DARGATZ et al., 2004). Umgerechnet bedeutet dies, dass die Tiere lediglich alle 6,7 bzw. 9,6 h in Augenschein genommen werden. In derselben Studie wurde ersichtlich dass nur 45,5 % aller Landwirte bei Geburtsschwierigkeiten von Kühen innerhalb von 2 h eingreifen. Die Autoren schlussfolgern, dass eine frequenter Überwachung und eine damit rechtzeitig mögliche Geburtshilfe die hohen Kälberverluste reduzieren können.

2.2. Klinische Parameter für die Geburtsüberwachung

Zur Abschätzung des Geburtszeitpunktes wird schon seit längerer Zeit v. a. aus Gründen der Praktikabilität auf die Erhebung äußerer klinischer Symptome am Tier zurückgegriffen.

Für eine möglichst genaue Schätzung des Kalbtermins sind einige unter 1.1 aufgeführte klinische Veränderungen während des Vorbereitungsstadiums aus unterschiedlichen Gründen weniger geeignet.

So tritt eine Vergrößerung des Euters zwar bei fast allen Tieren auf. Sie ist aber individuell und je nach Anzahl der vorangegangenen Kalbungen sehr unterschiedlich deutlich ausgeprägt. Zudem variiert der Beginn der Eutervergrößerung a. p. individuell (DUFTY, 1971; BERGLUND et al., 1987; BIRGEL et al., 1994). Dennoch beschreiben BERGLUND et al. (1987) das Auftreten eines stark gefüllten Euters als ein sehr hilfreiches Anzeichen für eine Geburt innerhalb der folgenden zwölf Stunden. STREYL et al. (2011) liefern sogar Ergebnisse, welche belegen, dass die höchste Aussagekraft über eine Geburt in den folgenden zwölf Stunden mit einer Kombination aus den Merkmalen „Erschlaffte Beckenbänder“ und „Zitzenfüllung“ erzielt werden kann. GRUNERT (1993) und DUFTY (1971) raten dagegen davon ab, eine genaue Vorhersage in Folge von Veränderungen im Milchsekret oder dem „Milcheinschuss“ zu treffen. Sehr ungenau ist auch eine Vorhersage aufgrund von Beobachtungen an der Vulva. Wie bereits unter 1.1.2 angesprochen, schwanken je nach Publikation die zeitlichen Angaben bezüglich eines beginnenden Anschwellens und einer vollständigen Ödematisierung um mehrere Tage (BERGLUND et al., 1987; KORNMATITSUK et al., 2000). Auch der von BERGLUND et al. (1987)

angesprochene signifikante Unterschied zwischen Kalbinnen und Kühen macht eine Vorhersage des zu erwartenden Geburtstermins schwierig, so dass bei weniger als jedem dritten Rind innerhalb von zwölf Stunden nach vollständiger Ödematisierung der Vulva eine beginnende Geburt beobachtet werden konnte. Der steigende Anteil an pigmentierter, haarloser Haut um die Vulva konnten DUFTY et al. (1971) nur bei wenigen und hauptsächlich erstkalbenden Kühen feststellen. Die Verlängerung der Schamspalte und die Schwellung der Scham eignen sich ebenso wenig für eine Abschätzung des Kalbetermins, wie der Sekretaustritt aus der *rima vulvae* (DUFTY, 1971; HARTWIG, 1983; BIRGEL et al., 1994; KORNMATITSUK et al., 2000). Eine vermehrte Schleimsekretion findet a. p. weder kontinuierlich statt, noch besitzt sie eine zeitlich signifikante Korrelation mit dem Geburtseintritt (DUFTY, 1971; BIRGEL et al., 1994). Auch die Hyperämisierung der Vestibularschleimhaut ist kurz vor der Geburt nicht signifikant deutlicher (HOFMANN, 2006). Lediglich der mit der Öffnung der Zervix in engem Zusammenhang stehende Abgang des Schleimpfropfes, welcher zuvor den *canalis cervicalis* abdichtete, findet bei jeder Kuh antepartal statt und markiert zugleich den Beginn des Öffnungsstadiums (GRUNERT & ANDRESEN, 1996). Aufgrund der kurzen zeitlichen Spanne, in der dieser zähe Schleimfaden herabhängt, kann dieses Symptom leicht übersehen werden. Eine visuelle Beurteilung des Öffnungsgrades der Zervix ist nur mit hohem Aufwand möglich. So bezeichnet BIRGEL (1994) auch diese klinische Auffälligkeit als kein praktikables Anzeichen, um einen Geburtstermin vorhersagen zu können.

Eine regelmäßige Messung der Atem- und Herzfrequenz würde ebenfalls einen sehr hohen zeitlichen Aufwand bedeuten. Zudem steigt die Herzfrequenz am Tag der Geburt um lediglich 17,2 % (GRAF & PETERSEN, 1953). Die Atemfrequenz steigt ebenfalls am Tag der Geburt deutlich an, erreicht ihr Maximum aber erst ca. zwei Stunden p. p. (GRAF & PETERSEN, 1953).

Die Erschlaffung der Beckenbänder dagegen scheint ein sehr zuverlässiges Anzeichen für einen baldigen Beginn der Geburt zu sein. KORNMATITSUK et al. (2000) beobachteten bei 87,5 % aller Tiere eine deutliche Erweichung der Beckenbänder innerhalb von zwölf Stunden a. p. Ebenso konnten BERGLUND et al. (1987) eine vollständige Erschlaffung der Beckenbänder bei 49,3 % der beobachteten Kühe durchschnittlich zwölf Stunden vor der Geburt feststellen. Bei der Hälfte aller Rinder war die Geburt bereits vier Stunden nach einer

vollständigen Erschlaffung der Beckenbänder beendet, so dass der Autor dieses Merkmal ó zusammen mit einer deutlichen Vergrößerung des Euters ó als eine der nützlichsten Methoden zur Vorhersage des Kalbetermins bezeichnet. Schon vor über 40 Jahren konnten DUFTY et al. (1971) eine baldige Geburt (innerhalb von 18 h) bei 36 von 44 Kühen aufgrund vollständig erschlaffter Beckenbänder vorhersagen. Auch SHAH et al. (2006) beschreiben eine praktikable Methode zur Messung der Erschlaffung der breiten Beckenbänder. Mit Hilfe zweier Lineale konnten die Autoren den Grad der eingesunkenen Beckenbänder sehr exakt bestimmen. Sie geben die Wahrscheinlichkeit für eine Kalbung innerhalb der folgenden 24 h bei einer Messung von $\times 36$ mm mit 75 % an. 67 % der Tiere kamen hierbei innerhalb von zwölf Stunden in Geburt. Bei einer relativen Zunahme des Erschlaffungsgrad der breiten Beckenbänder um 8-10 mm beschreiben die Autoren eine Wahrscheinlichkeit von 66,7 % für eine Geburt innerhalb von zwölf Stunden und 100 % innerhalb von 24 h. Allerdings wiesen nur 24,3 % aller Tiere eine Relaxation der Beckenbänder von mindestens 36 mm auf und bei lediglich 40,5 % fand eine Zunahme des Erschlaffungsgrades um wenigstens 5,7 mm statt. Vermutlich spielt auch das Alter des Tieres eine große Rolle: REXHA et al. (1993) notierten bereits sechs bis fünf Tage a. p. vollständig eingefallene Beckenbänder bei einer 17jährigen Kuh und relativ feste Beckenbänder bei einer 14 Monate alten Kalbin intra partum. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch BIRGEL (1994), welcher daher die Erschlaffung der Beckenbänder nur bei Kalbinnen als sicheres Anzeichen einer Geburt innerhalb von 22 h benennt.

Mit Hilfe von regelmäßigen Temperaturmessungen kann eine Geburt unter Umständen relativ sicher vorhergesagt werden. So beobachteten DUFTY et al. (1971) bei 11 von 16 Kühen (68,75 %), die bereits mit einer deutlichen Erschlaffung der Zervix aufgefallen waren, einen Temperaturabfall von mindestens 0,6 °F (bei den übrigen fünf Tieren einen geringeren Abfall) und konnte damit eine Geburt innerhalb der folgenden 18 h vorhersagen. AOKI et al. (2005) bestätigten diese Ergebnisse, indem sie mit Hilfe von regelmäßigen, standardisierten Messungen der vaginalen Temperatur eine Geburt innerhalb von 48 h bei etwa 90 % der Kühe retrospektiv richtig vorhersagten. BIRGEL (1994) empfiehlt hierfür die Temperaturmessung zwei bis dreimal täglich durchzuführen. Der Autor beschreibt eine Endtemperatur von unter 39,0 °C und einen

Temperaturabfall von mindestens 0,4 °C. Diesen Abfall konnte er gleichwohl nur bei 10 von 23 (43,5 %) Tieren innerhalb von 22 h a. p. beobachten. Probleme bereiten hierbei vor allem die großen täglichen Schwankungen und eine hohe Variabilität bei jeder Messung. Aus diesen Gründen halten u. a. REXHA et al. (1993) und DUFTY et al. (1971) den Temperaturabfall für nicht geeignet als Hilfsmittel zur Determinierung der Geburt unter Praxisbedingungen.

Auch eine Vorhersage anhand von Veränderungen im Verhaltensmuster der Kühe scheint plausibel, da sich einige Merkmale, wie zum Beispiel die Zeit, welche für Stehen und Umhergehen genutzt wird, innerhalb der letzten 24 h signifikant ändern (LEWANDROWSKI & HURNIK, 1981). In den letzten sechs Stunden a. p. weist das Verhalten der Kuh zudem signifikante Änderungen bei Liegezeiten und Schwanzheben auf (MIEDEMA et al., 2011b, 2011a). Allerdings können diese Anzeichen zumeist nicht ohne erheblichen technischen Aufwand erfasst werden. Die typische Veränderung in der Wiederkautätigkeit dagegen wird bereits erfolgreich als ein Zeichen der bevorstehenden Geburt genutzt. Mit Hilfe des SCR Heatime[®] HR, ein Gerät welches am Halsband angebracht die akustischen Signale misst, die während des Wiederkaus entstehen, konnte HOY (2015) einen signifikanten Abfall wenige Stunden a. p. nachweisen. Im Durchschnitt fand diese Reduzierung der Wiederkaudauer vier Stunden vor der Geburt statt. Gleichwohl stellte der Autor bei 20 % der Tiere antepartal keinen Rückgang der Wiederkautätigkeit fest.

Andere Verhaltensmuster können nur von Kühen auf der Weide ausgeführt werden (Separation von der Herde) oder variieren individuell stark (OWENS et al., 1985; LIDFORS et al., 1994). Eventuell könnte eine signifikante Erhöhung des „Schwanzhebens“ oder eine genaue Erfassung des Verhältnisses zwischen „Liegen“ und „Stehen“ als Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden sechs Stunden genutzt werden (MIEDEMA et al., 2011a).

2.3. Endokrinologische Parameter zur Geburtsüberwachung

Die Bestimmung der Progesteronkonzentration im Blut mittels eines Radioimmunassays (RIA) ist nur mit großem zeitlichem Aufwand möglich und daher ungeeignet für eine routinemäßige Vorhersage des Geburtszeitpunktes. Dafür kann mit Hilfe eines Enzymimmunoassays (EIA) die Progesteronkonzentration schnell und einfach ermittelt werden und gegen einen

Standard (z. B. 1 ng/ml Plasma) abgeschätzt werden. Bei einer täglichen Blutentnahme um 15:00 Uhr und Abschätzung des Progesteronplasmawertes mit einem Milch-Progesteron-Schnelltests konnten PARKER et al. (1988) bei HF-Tieren entscheiden, ob eine nächtliche Überwachung nötig ist. Ab einem geschätzten Wert von weniger als 1,5 ng/ml empfehlen die Autoren diese Überwachung. Auf diese Weise entging ihnen keine einzige Geburt ($n = 36$). REXHA et al. (1993) beschreibt einen semiquantitativen Progesteron-Schnelltest, mit welchem die Geburt bei klar niedrigem Progesteronwert (deutlicher Farbreaktion) innerhalb von 36 h mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit vorherzusagen sei. Bei einer etwas schwächeren Verfärbung der Testflüssigkeit, erfolgte die Abkalbung sehr wahrscheinlich innerhalb von 60 h. Mit einem weiteren Blut-Progesteron-Schnelltest konnte eine Sensitivität für die Geburtsvorhersage für die nächsten 12 h von 90,2 % (bei einer Spezifität von 74,9 %) bei semiquantitativer Ermittlung der Plasma-Progesteron-Konzentration erreicht werden (Grenzwert: 1,2 ng/ml) (STREYL et al., 2011). Bei EIA-Progesteron-Schnelltests mit Vollblutproben konnte sogar mit einer Sicherheit von 94,2 % (89,8 % bei Plasma-Proben) die Geburt innerhalb der folgenden 24 h vorausgesagt werden (MATSAS et al., 1992). Auch bei der Verwendung eines RIA konnten die Autoren den Geburtsbeginn innerhalb von 24 h bei 95 % der Tiere richtig vorhersagen.

Allerdings sind derartige Schnelltests relativ teuer und zeitintensiv, so dass sie kaum routinemäßig und als alleiniges Mittel zur Abschätzung des Geburtszeitpunktes eingesetzt werden können.

SHAH et al. (2006) untersuchten die Möglichkeit, den Geburtszeitpunkt mittels Oestroneulfats (E₁S) und Oestradiol-17 (E₂) vorherzusagen. Der angewandte E₁S-ELISA hatte nur eine Präzision von unter 40 %. Dagegen konnten die Autoren die Wahrscheinlichkeit einer innerhalb von 24 h eintretenden Geburt bei einem E₂-Wert $\times 1,25$ ng/ml bei 76,5 % festmachen. Bei einem Wert von $\times 1,5$ ng/ml kalbten sogar 100 % der Tiere innerhalb von 24 h. Dieser Wert wurde gleichwohl nur von 13,5 % der Tiere erreicht. Eine Erhöhung der E₂-Konzentration um mindestens 0,2 ng/ml trat dagegen bei 62,2 % der Tiere auf. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 85,2 % trat bei diesen Kühen innerhalb von 24 h die Geburt ein. Dennoch beschreiben die Autoren eine Messung der Zunahme der Beweglichkeit der Beckenbänder als deutlich praktikablere und

ökonomischere Methode, als eine tägliche Blutentnahme zur Bestimmung der E₂-Konzentration. Bessere Ergebnisse könnten eventuell durch eine frequenter Blutentnahme erreicht werden, wodurch aber wiederum sowohl die Kosten, als auch der zeitliche Aufwand ansteigen würden.

2.4. Technische Hilfsmittel zur Geburtsüberwachung

Zahlreiche Methoden zur Vorhersage des Geburtstermins mit Hilfe von technischen Geräten wurden bereits mit unterschiedlichem Erfolg getestet.

Um das Einfallen der Beckenbänder genau und von individuellen Eindrücken des Untersuchers unabhängig zu beurteilen, versuchte HARTWIG (1983) den Grad der Erschlaffung mit Hilfe eines Tonometers zu messen. Dieses war hierfür an einer Holzleiste befestigt, welche auf das Kreuzbein und den Sitzbeinhöcker aufgelegt wurde. Somit konnte über die Tiefenmessung mittels Tonometer die Erweichung des caudalen Randes der Beckenbänder in Millimetern abgelesen werden. Sanken die Beckenbänder um zusätzlich $\times 3$ mm verglichen mit der Vortagsmessung ein, so erfolgte bei über 98 % der untersuchten Rinder die Geburt innerhalb der nächsten 5 bis 29 h. Eine relativ sichere Vorhersage des Geburtstermins ist mit einer regelmäßigen Tonomettermessung somit möglich.

Mit Hilfe einer transrektalen Ultraschall-Untersuchung zur Fruchtgröße kann ebenfalls der Tag der Abkalbung abgeschätzt werden (WRIGHT et al., 1988). Im Rahmen einer entsprechenden Studie erreichten die untersuchenden Personen eine mittlere Abweichung von nur 0,9 d vom tatsächlichen Tag der Geburt. Da der Geburtstermin hierbei ausschließlich aufgrund des abgeschätzten Trächtigkeitszeitpunktes und der rassenspezifischen Tragezeit errechnet wird, kann diese Methode nicht die individuellen Schwankungen der Trächtigkeitsdauer mit einbeziehen. Aufgrund dieser Tatsache ist die hohe Standardabweichung von neun Tagen (bei einer Standardabweichung der Trächtigkeitsdauer von etwa fünf Tagen) erklärbar. Die Ultraschalluntersuchung zur Abschätzung des Trächtigkeitstages ist somit nur sinnvoll bei unbekanntem Deckdatum und kann nicht eingesetzt werden, um einen exakten Geburtstermin vorherzusagen (WRIGHT et al., 1988).

Im Bereich der Pferdezucht werden schon seit einigen Jahren professionelle Geburtsmeldesysteme eingesetzt. So wird beispielsweise das Jan-Wolters-Abfohlsystem (JAN WOLTERS ABFOHLSYSTEM GMBH, 2014) seit 1989 in

Europa vertrieben. Bei diesem System wird ein Sender an die äußere Seite der linken Schamlippe genäht. Auf der rechten Seite wird auf die gleiche Weise ein Magnet angebracht, welcher in dem Sendergehäuse zu liegen kommt. Durch die Geburt entfernt sich der Magnet von dem Gehäuse und der Alarm wird ausgelöst. Mehrere Varianten mit unterschiedlicherer Mobilität und für ein oder mehrere Pferde gibt es auch schon beim sogenannten „Birth Alarm“, welcher seit 1997 verkauft wird. Hierbei erfasst ein auf dem Rücken der Stute befestigte Sender den Zeitpunkt, zu welchem sich die Stute auf die Seite legt. Dauert diese Seitenlage länger als 7,6 Sekunden wird eine Wehe vermutet und der Alarm ausgelöst (GALLAGHER EUROPE, 2015). Schon seit 1977 wird in Deutschland der sogenannte Wächтомat verkauft. Bei diesem Geburtsmelder werden ein Bauch- und ein Halsgurt angebracht. Hierauf registriert ein Messfühler mit einer Elektrode die elektrische Leitfähigkeit am unteren Halsteil der Stute. Unmittelbar vor der Geburt fängt eine Stute normalerweise stark an zu schwitzen, der Widerstand an der Elektrode sinkt und ein Geburtsalarm wird ausgelöst (WÄCHTOMAT WERNER KEGEL GMBH, 2015).

Wissenschaftliche Studien zu der Sicherheit und der Praktikabilität dieser Geburtsüberwachungssysteme bei Pferden sind nicht bekannt.

Aufgrund unterschiedlicher physiologischer Abläufe im Vorbereitungs- und Öffnungsstadium der Geburt sind weder der „Wächтомат“ noch der „Birth Alarm“ für den Einsatz beim Rind geeignet. Dagegen könnte theoretisch das „Jan-Wolters-Abfohlsystem“ durchaus auch bei Milchkühen eingesetzt werden. Ein sehr ähnliches System, das C6 Birth Control der Firma Sisteck wurde bereits erfolgreich von PAOLUCCI et al. (2008) und MARCHESI et al. (2013) beim Rind getestet. Die Autoren beschrieben hierbei eine Sensitivität von 100 % und einen Positiven Prädiktiven Wert von 95 % bei Holstein-Kühen ($n = 53$), so dass alle Geburten durch das Stallpersonal überwacht werden konnten (MARCHESI et al., 2013).

Agrimonitor® ist dagegen ein bei Rindern eingesetzter Geburtsmelder, welcher mit Hilfe eines Bauchgurtes die Uteruskontraktionen hochtragender Kuh misst. Aufgrund spezieller Veränderungen bei Geburtsstörungen soll dieses Gerät neben der normalen Geburtsmeldung auch Warnungen im Fall von pathologischen Abweichungen versenden. Die Meldungen werden von einem Empfänger auf das Mobiltelefon des Landwirtes weitergeleitet (TRADING, 2004).

PALOMBI et al. (2013) testeten ein für Rinder entwickeltes Geburtsmeldesystem, welches intravaginal unmittelbar vor der Zervix eingelegt wird. Dieser aus zwei Teilen bestehende Sender wurde während des Austreibungsstadiums aus der Scheide gestoßen. Nach Aktivierung bestimmter Sensoren wurde hierauf ein 433 MHz-Signal zu einem Empfänger gesendet. Dieser wiederum meldete die Geburt über das Global System for Mobile Communications (GSM) an ein Mobiltelefon. Bei diesem Versuch wurden sämtliche Geburten erfolgreich gemeldet, so dass eine umfassende Überwachung der Geburt möglich wurde. In Folge dessen sank der Anteil an Kühen, welche p. p. eine Endometritis entwickelten. Ebenfalls verringert werden konnte hierdurch der Anteil an Kühen mit Nachgebärsverhalten und die Güstzeit (PALOMBI et al., 2013).

Die in Frankreich ansässige Firma MEDRIA, Châteaugiron, vertreibt das sogenannte Vel-Phone® zur Geburtsüberwachung bei Rindern. Bei diesem System wird ein, mit zwei spinnenartigen, weichen Stütznetzen ausgestattetes Thermometer mit einer Eingabehilfe intravaginal appliziert. Der Temperatursensor misst hierbei regelmäßig die vaginale Temperatur und schickt zweimal täglich aktuelle Daten über das Telefonnetz auf ein Mobiltelefon. Zusätzlich zu diesem Hinweis, wird der Sender intra partum durch die Fruchtblasen ausgestoßen, was ebenfalls über eine Kurznachricht mitgeteilt wird (MEDRIA, 2010; LISTE, 2014).

Ein weiteres System wird von der Firma Patura KG, Mainblick verkauft. Hierbei handelt es sich um eine Schwanz-Klemme, welche Schwanzbewegungen registriert. Bei für eine Geburt typischen Schwanzbewegungen werden auch hierbei ein oder mehrere Telefone durch eine Kurznachricht oder einen Anruf über eine bevorstehende Geburt informiert (LISTE, 2014; PATURA KG, 2015). In einem Praxis-Test der landwirtschaftlichen Zeitschrift Top Agrar war die Befestigung der Klammer allerdings nur bei 2 von 30 Kühen (7 %) ausreichend. Bei 90 % aller Kuh fiel die Schwanz-Klammer z. B. bei der Benutzung von Kuhbürsten ab, so dass eine Meldung der Geburt nicht mehr möglich war ($n = 27$). Bei einer Kuh (3 %) erfolgte ein Alarm a. p. (LISTE, 2014).

Im selben Test wurde auch das iVET® Geburtsüberwachungssystem, welches Gegenstand der vorliegenden Studie ist, getestet. Hierbei verloren nur 2 von 40 Kühen (5 %) vorzeitig den Sender. Bei 22 Tieren (55 %) meldete das System zum richtigen Zeitpunkt die Geburt. Bei vier weiteren Tieren (10 %) wurde dagegen

trotz Geburt kein Alarm ausgelöst und bei den zwölf restlichen Kühen (30 %) kam es vorzeitig zu Fehlmeldungen, obwohl sich die Tiere noch nicht in Geburt oder unmittelbar vor der Geburt befanden (LISTE, 2014).

3. Anatomie des knöchernen Geburtsweges und Pelvimetrie

Die caudale Begrenzung des knöchernen Beckens bestimmt die maximale innere Breite der Vagina und des Vestibulums und wird durch das *os ischii* gebildet (NICKEL et al., 2001). Neben dem *corpus ossis ischii* besteht das *os ischii* aus dem *ramus ossis ischii* und der *tabula ossis ischii*. Der lateroventrale Anteil dieser *tabula* wird von dem *tuber ischiadicum* abgeschlossen (NICKEL et al., 2001): Der Beckenausgang (*apertura pelvis caudalis*) wird damit durch den zwischen den beiden *tubera ischiadici* verlaufenden *arcus ischiadicus* und dorsal vom *os caudalis III* oder *IV* gebildet. Lateral wird die *apertura pelvis caudalis* durch die breiten Beckenbändern begrenzt.

Da es einen deutlichen Zusammenhang zwischen äußerer Pelvimetrie und den internen Beckenmaßen gibt, können äußere Beckenmaße die Abschätzung der Raumverhältnisse des knöchernen Geburtsweges deutlich erleichtern und geben möglicherweise Hinweise für bevorstehende Schmergeburten (BELLOWS et al., 1971; JOHNSON et al., 1988; COOPMAN et al., 2003). Die externen Beckenmaße korrelieren zumindest teilweise sehr gut mit internen Beckenmaßen und/oder dem Beckenvolumen (HEUN, 2008). Mitunter können durch externe Pelvimetrie auch interne Beckenmaße abgeschätzt werden, die nicht durch eine rektale Untersuchung erfasst werden können (HEUN, 2008). Der Autor konnte u.a. mittels Computertomografie einen signifikanten Zusammenhang zwischen der lateral Sitzbeinbreite (TiTi_l), welche durch die Entfernung der beiden am weitesten lateral gelegenen Punkte der Hüfthöcker zueinander definiert ist, und dem kaudalen Querdurchmesser (kQ) nachweisen. Einen ähnlichen hochsignifikanten Zusammenhang fanden bereits JOHNSON et al. (1988) zwischen der medial gemessenen Sitzbeinbreite und der inneren Hüfthöhe und Hüftweite. Für die vorliegende Arbeit kann die Pelvimetrie eine wertvolle Interpretationshilfe für Erfolg oder Misserfolg intravaginal verabreichter Geburtsmelder darstellen.

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Material

1.1. Geräte

Beckenzirkel nach Martin HB5302	HEBU medical GmbH, Tuttlingen
Hitachi Analysegerät 902	Roche Diagnostics GmbH, Mannheim
iVET® _{3.0} und iVET® _{2.0}	iVET®, Papenburg
Kühlschrank, Spezial 465	Kirsch, Offenburg
mechanische Pipette Proline (200-100 µl)	Biohit®, Rosbach
Mobiltelefon NOKIA 5140i	Nokia, Espoo
Schüttler: Columbus Plus M8/4R	TECAN, Crailsheim
Tiefkühlschrank (-26 °C) Froster	Kirsch, Offenburg
Zentrifuge Rotixa 50 RS	Hettich, Tuttlingen

1.1.1. iVET®-Geburtsüberwachungssystem

Das iVET®-Geburtsüberwachungssystem besteht aus zwei Komponenten. Der intravaginal einzubende Sender (vgl. Abbildung 1) schickt hierbei Signale an einen im Stall erhöht angebrachten Empfänger (vgl. Abbildung 2), welcher über das Mobilfunknetz Mitteilungen an bis zu zwei Mobiltelefone versenden kann.

1.1.1.1. iVET®-Sender

In der vorliegenden Studie wurden iVET®-Sender der Generation 2.0 und 3.0 verwendet. Beide Generationen unterscheiden sich lediglich in technischen Details, wie z. B. der Reaktivierung nach Alarmabsendung (s. u.). Die Sender sind aus rotem Hartplastik gegossen und besitzen folgende Maße (vgl. Abbildung 1):

Länge:	22,9 cm
Breite Anker:	16,5 cm
Breite extravaginaler Teil:	9,0 cm
Breite Mittelstück:	1,3 cm
Höhe:	2,9 cm

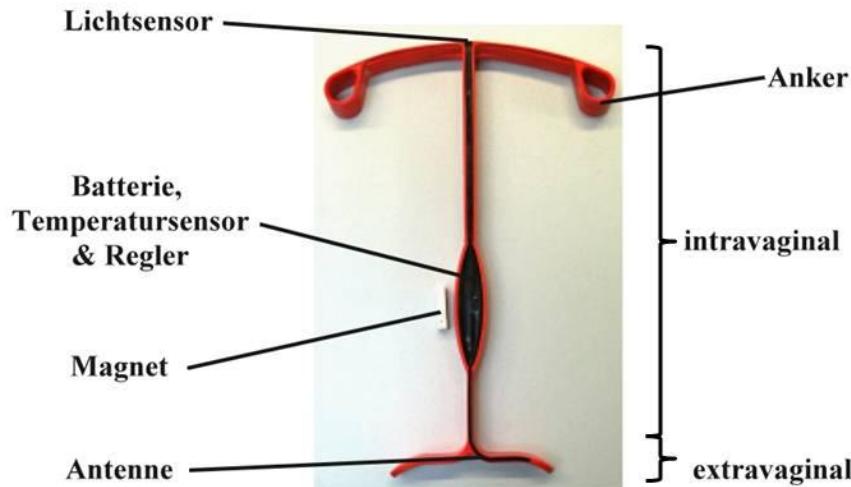


Abbildung 1: iVET®-Sender, von unten betrachtet

Am vorderen Ende befindet sich ein Lichtsensor und in der mittleren Verdickung eine Batterie, der Temperatursensor und ein elektronischer Regler. Die Antenne verläuft bis in den linken Teil des hinteren, kleineren T-Stückes. Die Flügel des vorderen T-Stückes sind gegen den Längsteil des Senders elastisch. Verstärkungen auf der Innenseite verhindern allerdings in einem gewissen Rahmen eine Verbiegung in die andere Richtung, so dass der iVET®-Sender als intravaginaler Anker fungiert. Bei Anwendung in der Kuh bleibt lediglich das hintere, kleinere T-Stück sichtbar.

1.1.1.2. iVET®-Empfänger

Das Gehäuse des iVET®-Empfängers besitzt folgende Abmessungen:

Länge: 13,0 cm

Breite: 9,5 cm

Höhe: 6,5 cm

Der Empfänger wird mit einer Antenne verbunden, welche mit Hilfe eines Magneten möglichst erhöht angebracht werden sollte. Durch einen Kippschalter kann der Empfänger ein-/ausgeschalten werden (vgl. Abbildung 2). Durch zwei LEDs kann die Funktion des Empfängers kontrolliert werden.

Die beiden in der vorliegenden Studie verwendeten iVET®-Empfänger wurden zentral an der Decke des Abkalbestalles des LVG mit einfachen Holzschrauben angeschraubt. Der Funkkontakt war hierdurch an jedem Kuhplatz ausreichend.

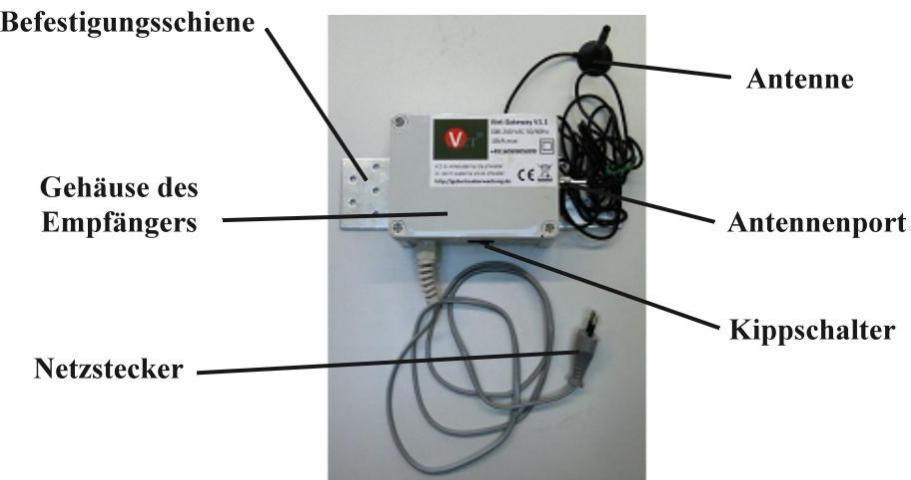


Abbildung 2: iVET®-Empfänger

1.1.1.3. Funktionsweise des iVET®-Geburtsüberwachungssystems

Zur Vorbereitung des Versuches wurden gemäß der Bedienungsanleitung zwei Mobilfunknummern in den Speicher der iVET®-Empfänger einprogrammiert und die iVET®-Sender aktiviert.

In der vorliegenden Studie wurden sechs iVET®-Sender mit dem iVET®-Empfänger Nr.1 verbunden (Sender 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 und 1.9). Fünf weitere Sender wurden mit Empfänger Nr.2 verbunden (Sender 2.0, 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4).

Die grundsätzliche Funktionsweise ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

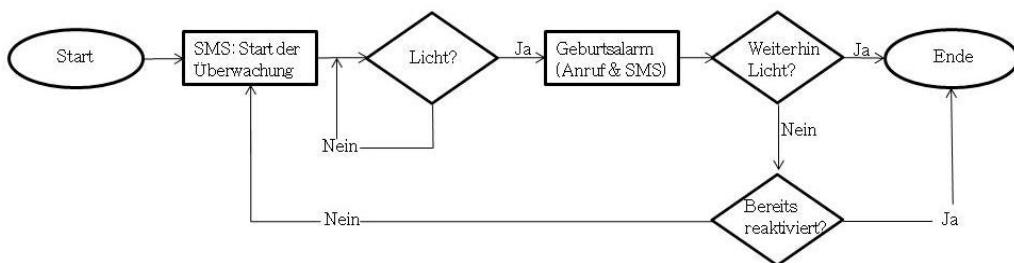


Abbildung 3: Technische Skizze zur Funktionsweise der iVET®-Geburtsalarmierung

Beginn der Überwachung

Durch einen unmittelbar neben der rechten Seite des verdickten Mittelteils gelegenen Magneten wird der Sender über einen Reedkontakt ausgeschaltet (vgl. Abbildung 1). Werden Sender und Magnet voneinander entfernt, schaltet sich der

Sender wieder an und ist für eine Überwachung bereit. Sobald der Lichtsensor (nach vaginaler Eingabe) keinen Lichteinfall mehr registriert, startet automatisch ein Timer, welcher nach 15 min die Geburtsüberwachung beginnt. Es wird eine Nachricht mittels Short Message Service (SMS) an die beiden programmierten Mobiltelefone versendet mit dem Text „iVET ID 0“ gestartet Ueberwachung aktiv. Empfangsstärke Ausreichend, Batterie OK, verbleibende Ueberwachungen 20. Zeitgleich speichert der Sender die aktuelle vaginale Temperatur als Solltemperatur T_S . Anschließend wechselt der Sender in einen „sleep-modus“ um Energie zu sparen. Alle 30 s wird dieser „sleep-modus“ unterbrochen und ein Signal an den iVET®-Empfänger gesendet.

Meldung einer Temperaturabweichung

Wird im Verlauf der Überwachung eine vaginale Temperatur T_V gemessen, welche sich mindestens 2 °C (1,5 °C bei Sendern der Generation 3.0) über T_S befindet, sendet der Empfänger einmalig eine SMS an die einprogrammierten Mobiltelefone mit folgendem Text: „iVET ID 0“ Temperaturveränderung detektiert, bitte ueberpruefen.

Geburtsmeldung

Unmittelbar a. p. weitet sich während der passiven Phase des Öffnungsstadiums der Geburtskanal (GRUNERT, 1993). Sollte nicht schon hierdurch ein Lichteinfall registriert werden, wird der iVET®-Sender von Fruchtblasen oder Fruchtteilen aus der Scheide herausgeschoben.

Sobald Licht auf den Lichtsensor fällt, wird der Sender aus dem „sleep-modus“ gestartet und versendet ein Telegramm mit dem Inhalt „Lichteinfall“ an den Empfänger. Der Empfänger verschickt darauf an beide einprogrammierten Mobilfunknummern eine Kurznachricht mit folgendem Text: „iVET ID 0 GEBURT!“. Zudem wird ein Anruf an die erste einprogrammierte Mobilfunknummer getätigt mit folgendem Text: „iVET meldet eine Geburt.“

Reaktivierung

Innerhalb von 15 min nach erstem Lichteinfall kann ein iVET®-Sender automatisch reaktiviert werden. Hierfür darf nach einem Lichteinfall innerhalb der genannten Zeit der Lichtsensor keinen weiteren Lichteinfall registrieren. In Folge einer Reaktivierung versendet der iVET®-Sender eine erneute

Aktivierungsmeldung per SMS (šiVET ID 0 gestartet Ueberwachung aktiv. Empfangsstärke *Ausreichend*, Batterie *OK*, verbleibende Ueberwachungen 20.0) und die Überwachung beginnt erneut. Eine Reaktivierung ist bei Sendern der Generation 3.0 nur einmal pro Eingabe möglich und beginnt bereits nach 2 min.

1.2. Verbrauchsmaterial

Ethanol	BfB, Lutherstadt Wittenberg
Gleitgel mit Schutzfilm, 1.000 ml	Selectavet, Weyarn-Holzolling
Instrumentendesinfektionsmittel Helipur® H plus N	B. Braun Medical AG, Sempach
Instrumentendesinfektionsmittel Safe Sept	Henry Schein VET GmbH, Hamburg
Jodseife Degraseptin®	Albrecht, Aulendorf
KRUTEX Soft Rectal Handschuhe	Henry Schein VET GmbH, Hamburg
Messbecher, PP	VITLAB GmbH, Grossostheim
PE-Spritzflasche	WDT, Garbsen
Stethoskop nach Götze	WDT, Garbsen
Untersuchungshandschuhe Nitril® NextGen®	Meditrade®, Kiefersfelden
Vacutainer-System	
BD Vacutainer® PrecisionGlide [†] Kanüle 20 G x 1,5	Becton Dickinson, Heidelberg
BD Vacutainer® Einmalhalter, Kunststoff, transparent weiß	Becton Dickinson, Heidelberg
BD Vacutainer® Serumröhrchen, 6 ml	Becton Dickinson, Heidelberg
BD Vacutainer® EDTA-Röhrchen, Becton Dickinson, Heidelberg 10 ml mit K ₂ EDTA (1,8 mg/ml)	
Veterinär-Thermometer SC 12	SCALA Electronics GmbH, Stahnsdorf
Zellstoff 20 x 20 cm, hochgebleicht	Equimoll, Starnberg

1.3. Reagenzien und Laborbedarf

Eppendorf-Reaktionsgefäß mit Deckel, Zefa Laborservice GmbH, Harthausen
1,5 ml

Pipettenspitzen, blau 50-1.000 µl Brand, Wertheim

Primärer, monoklonaler
2H4-anti-Progesteron-Antikörper P1922 Sigma-Aldrich GmbH, München

TWEEN 80-Konzentrat Merck, Darmstadt

Progesteron-3-Horseradishperoxidase
(P4-3-CMO-HRP) Klinik für Wiederkäuer, LMU München

Sekundärer, affinitätsbereinigter
Sheep-IgG-anti-rat-IgG-Antikörper Klinik für Wiederkäuer, LMU München

4N H₂SO₄ (4N-Schwefelsäure) Merck, Darmstadt

96 Well Platten, transparent Merck, Darmstadt

2. Tiere

2.1. Versuchsbetrieb

Der praktische Teil der Arbeit wurde am Lehr- und Versuchsgut (LVG) Oberschleißheim der Ludwig Maximilians-Universität München in der Zeit von November 2013 bis September 2014 durchgeführt. Die Jahresmilchleistung betrug 2013 durchschnittlich 9030 kg (Fettgehalt 3,94 %, Eiweißgehalt 3,49 %). Eine Erprobung des Versuchsablaufes ohne Datenauswertung erfolgte bei den Tieren 001 ó 016. Von Januar bis März 2014 fanden Versuche ohne Blutentnahme statt (Tiere 017 bis 024). Ab dem 03. März 2014 konnte mit Genehmigung des Tierschutzantrags (vgl. 2.3) der vollständige Versuchsablauf stattfinden (Tiere 025 bis 075). Acht Tage vor errechnetem Geburtstermin wurden die Kühe aus dem Laufstall in einen Abkalbebereich mit Anbindehaltung umgestellt. Bei den Tieren 017, 018, 026, 029, 039, 040, 041, 055, 056, 057, 070 und 072 war aus betriebstechnischen Gründen eine Umstellung erst sieben Tage vor errechnetem Geburtstermin möglich. Ein Tier (038) konnte erst am Tag 6 a. p. umgestellt werden. Es standen 14 Kuhplätze zur Verfügung. Eine tägliche Entmistung und neue Einstreu mit Stroh erfolgte durch das Personal des LVG. Die Fütterung erfolgte einmal täglich. Zudem wurde das Futter zwei bis dreimal täglich

nachgeschoben. Verfüttert wurde ab ca. zwei Wochen (bei Kalbinnen drei Wochen) vor dem erwarteten Abkalbtermin die Ration für laktierende Kühe (vgl. IX. Anhang Tabelle 28) und ein bis zwei Kilogramm Kraftfutter (vgl. IX. Anhang Tabelle 29).

2.2. Versuchstiere

Die Versuchstiere stammen ausnahmslos aus der Milchviehherde des LVG. Jede Kuh und Kalbin, welche sich acht Tage vor dem voraussichtlichen Abkalbtermin befand, wurde in den Versuch aufgenommen, ohne Berücksichtigung der Rasse oder des Alters. Eine Ermittlung des voraussichtlichen Abkalbtermins erfolgte anhand des Besamungstermins und Erfahrungswerten des LVG: Aus 983 Tragezeiten seit 2006 wurde im Bezug auf den Rasseschlüssels eine mittlere Tragezeit in Tagen errechnet (vgl. Tabelle 1: Übersicht über die Trächtigkeitsdauer seit 2006, LVG).

Tabelle 1: Übersicht über die Trächtigkeitsdauer seit 2006, LVG

Rasse	Tragezeit in Tagen ()	Anzahl Kalbungen
Holstein 100 %	279,7 (7,2)	107
Holstein > 50 %	281,8 (7,5)	206
F1 Fleckvieh x Holstein	282,9 (7,9)	165
Fleckvieh > 50 %	280,4	251
Fleckvieh 100 %	284,6 (6,8)	158
Mehrrassenkreuzung	280,4	12
Holstein mit Anderen	282,0 (1,7)	3
Fleckvieh mit Anderen	287,4 (3,8)	18

„Andere“ bezeichnet weitere Rassen außer Holstein und Fleckvieh

F1 ist die erste Nachkommengeneration mit 50 % Holstein und 50 % Fleckvieh
= Standardabweichung

Aufgrund der niedrigen Anzahl an Abkalbungen der Kreuzungen „Mehrrassenkreuzung“, „Holstein mit Anderen“ und „Fleckvieh mit Anderen“ wurde für drei hiervon betroffene Tiere eine abweichende Tragezeit angenommen. Das Versuchstier 054 (75 % HF, 12,5 % FV und 12,5 % Andere) wurde unter „Holstein > 50 %“ eingeordnet. Tier 032 (75 % FV, 25 % Andere) wurde wie die Gruppe „Fleckvieh > 50 %“ auf 280 Tage Trächtigkeitsdauer geschätzt.

Tabelle 2 zeigt die Anzahl der jeweils verwendeten Kühe und die hierfür verwendete Trächtigkeitsdauer.

Tabelle 2: Rassenverteilung der Versuchstiere

Rasse	verwendete Trächtigkeitsdauer	Anzahl im Vorversuch	Anzahl im Versuch
Holstein 100%	280	1	7
Holstein > 50%	282	3	14
F1 Fleckvieh x Holstein	283	0	3
Fleckvieh > 50%	280	2	22
Fleckvieh 100%	285	4	4

F1: erste Nachkommengeneration mit 50 % Holstein und 50 % Fleckvieh

2.2.1. Gruppen

Die Tiere, bei welchen eine Geburtsüberwachung ohne regelmäßige Blutentnahme stattfand (017-024), wurden in die Vorversuchsgruppe V0 eingeteilt. Hierfür wurde das iVET im Zeitraum von 21. 01. 2014 bis 9. 03. 2014 getestet.

Die Hauptversuchsgruppe V1 bildeten die folgenden Tiere (025-075) in der Zeit vom 14. 03. 2014 bis 15. 09. 2014.

Für die statistische Auswertung der Geburtsüberwachung mittels iVET® wurden sowohl die Tiere aus der Gruppe V0 als auch die Tiere der Gruppe V1 verwendet ($n = 59$). Allerdings konnte die Geburtsmeldung bei drei multiparen Kühen nicht ausgewertet werden, da der Sender bereits kurz vorher manuell entfernt wurde ($n = 2$) oder der Sender aufgrund eines technischen Problems nicht rechtzeitig aktiviert wurde ($n = 1$). Bei den übrigen 56 Tieren handelte es sich um 33 Kühe und 23 Kalbinnen.

2.3. Tierversuchsantrag

Für die Durchführung des Projektes wurde nach § 31 der Tierschutz-Versuchstierverordnung der zuständigen Behörde, der Regierung von Oberbayern, Sachgebiet 54 (Verbraucherschutz, Veterinärwesen) ein Antrag auf Genehmigung des Versuchsvorhabens übermittelt. Am 03. März 2014 wurde dieser (Aktenzeichen 55.2-1-54-2532-188-13) von der Regierung von Oberbayern genehmigt.

3. Methoden

3.1. Versuchsablauf am Tier

3.1.1. Klinische Eingangsuntersuchung

Die hochtragenden Rinder wurden sieben Tage vor dem errechneten Geburtstermin einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen. Dazu zählte die Erhebung der Befunde zu Verhalten, Atmung, Herz, Schleimhäute, Epikleralgefäße, Hautturgor, Pansenmotorik, Bauchdeckenspannung und Kot sowie Perkussions- und Schwingauskultation. Außerdem wurde die Körperkondition mit Hilfe des Body Condition Score (BCS) bei allen Versuchstieren (außer den Tieren 044 und 058) durch dieselbe Person durchgeführt. Aufgrund der Tatsache, dass die vorliegende Studie an einer Kreuzungsherde durchgeführt wurde, konnte für die Abschätzung des BCS kein rassespezifischer Standard verwendet werden. Für alle Kühe wurde daher, unabhängig von ihrem genetischen Rasseanteil, der BCS mit dem gleichen Standard ermittelt. Alle Ergebnisse der Allgemeinuntersuchung wurden protokolliert (vgl. IX Anhang Abbildung 18).

Des Weiteren fand eine Blutprobenentnahme zur Plasma- und Serumgewinnung statt (zum Ablauf vgl. 3.1.3 Regelmäßige Untersuchungen und Probenentnahme). Eine Analyse der Parameter Glucose, Harnstoff, Totalprotein, Bilirubin, Aspartat-Aminotransferase (AST), γ -Glutamyltransferase (γ GT), Glutamatdehydrogenase (GLDH), Creatininkinase (CK), Phosphor, Calcium und -Hydroxybutyrat (HBA) wurde durchgeführt. Die Bestimmung erfolgte photometrisch mit dem Analysegerät Hitachi 912 E Automatic Analyzer der Firma Boehringer Mannheim bei 37 °C. Zusätzlich wurden 1000 µl Serum in ein Eppendorf-Reaktionsgefäß als Reserve bei -28 °C asserviert.

Tabelle 3: Score zur Allgemeinuntersuchung

	Score 0	Score 1	Score 2
Futteraufnahme	vorhanden	nicht vorhanden	-
Atemfrequenz	24-40/min	< 24/min oder > 40/min	-
Herzfrequenz	65-90/min	< 65/min oder > 90/min	-
Schleimhautfarbe	blass rosa	rosarot oder blass gelb	gelblich, rot oder blass grau
Innere Körpertemperatur	< 39,5°C	39,5°C - 40,5°C	> 40,5°C
Festliegen	nein		ja
Mastitis	nein	ggr., chron., Mastitis	hgr., akute Mastitis
Verhalten/Haltung/ Gang	obB	Auffälligkeiten (z. B.: Ataxie, Pressen, Drängen)	
Vaginalausfluss	nein oder klar	Schleimig mit blutigen Anteilen	rot oder übel riechend

obB: Untersuchung ohne besondere Befunde

Zur objektiven Auswertung dieser Allgemeinuntersuchung wurde ein Score-Sheet (vgl. Tabelle 3) entwickelt und das Tier bei einem kumulativen Score von >1 an den folgenden Tagen wiederholt untersucht. Im Falle von pathologischen Abweichungen in Form von schweren Störungen des Allgemeinbefindens (Score >2), wäre das Tier aus der Studie genommen worden, um eine Vergleichbarkeit bei gesunden Kühen gewährleisten zu können.

Bei Tier 048 ergab sich nach der Allgemeinuntersuchung ein Score von 2 Punkten und eine Stützbeinlahmheit an der linken Hintergliedmaße. Am nächsten Tag entwickelte die Kuh außerdem Fieber (Temperatur rektal 39,8 °C). Noch am selben Tag wurde das Tier einer Klauenbehandlung unterzogen, worauf sich der Allgemeinzustand sehr schnell besserte und die Kuh in der Studie verbleiben konnte. Bei den Tieren 042, 052 und 054 wurde ebenfalls ein Score von 2 Punkten ermittelt, da sowohl Herzfrequenz als auch Atemfrequenz über dem Normalbereich von 90/min bzw. 40/min lagen. Alle drei Tiere fielen bei weiteren Untersuchungen nicht mehr auf und wurden als klinisch gesund eingestuft. Bei Tier 042 konnten retrospektiv die erhöhten Werte auf eine Zwillinggravität

zurückgeführt werden. Die Allgemeinuntersuchung der Tiere 052 und 054 erfolgte dagegen an einem Tag mit sehr warmen Außentemperaturen. Zur Zeit der Untersuchung von 052 wurde in München eine Temperatur von 31,5 °C gemessen. Am Tag der Untersuchung von Tier 054 erreichte die Tagesdurchschnittstemperatur 25,2 °C und die durchschnittliche Luftfeuchte 50,1 % (WESTE-XL, 2015). Die erhöhte Atem- und Herzfrequenz ist vermutlich auf diese Witterungsbedingungen zurückzuführen. Die Tiere verblieben in der Studie.

3.1.2. iVET®-Eingabe

Die intravaginale Eingabe der iVET®-Sender erfolgte bei den Tieren 017, 018, 026, 029, 038, 039, 040, 041, 055, 056, 057, 070 und 072, welche erst am Tag 7 a. p.* oder 6 a. p.* umgestallt werden konnten, noch am selben Tag. Bei allen übrigen Tieren wurde am Tag nach der Allgemeinuntersuchung der iVET®-Sender eingegeben (Tag 7 a. p.*). Hierzu wurde der Schwanz von einer Hilfsperson fixiert oder mit einem Strick am Halsgurt des Tieres befestigt. Die Desinfektion des iVET®-Senders erfolgte in dem hierfür vorgesehenen Plastikbehälter mit verdünntem Instrumenten-Desinfektionsmittel, sodass der Sender vollständig bedeckt war. Nach einer gründlichen Waschung des Schambereiches mit lauwarmen Wasser und Degraseptin®, sowie einer Trocknung mit Zellstoff wurde der Bereich der Scham mit Alkohol-getränktem Zellstoff antiseptisch vorbereitet. Mit einem auf links gedrehten Rektalhandschuh konnte der Sender sauber aus dem Desinfektionsbad genommen werden. Etwa 10 ó 20 g Gleitgel wurde auf dem Vorderende des Senders verteilt, ohne diesen zu berühren. Anschließend erfolgte die vorsichtige intravaginale Applikation des Senders, bis nur noch das Endstück zu erkennen war.

Sollte nach Ablauf der im Tierversuchsantrag festgelegten Zeit (vgl. 2.3) die Kuh am 7. Tag nach errechnetem Geburtszeitpunkt noch nicht in Geburt gekommen sein, wurde der Versuch abgebrochen und der Sender entfernt.

3.1.3. Regelmäßige Untersuchungen und Probenentnahmen

Am Tag der iVET®-Eingabe begann auch die intensive Geburtsüberwachung. Zweimal täglich fanden eine Beurteilung der Zitzenfüllung (ZF) und der Erschlaffung der Beckenbänder (BB), sowie eine Dokumentation des vaginalen Ausflusses (VA) statt. Des Weiteren wurde die rektale Temperatur (T_R)

dokumentiert und eine Blutentnahme mit Vacutainer® zur Serumgewinnung durchgeführt.

Um eine Temperaturänderung möglichst genau nachvollziehen zu können, muss die rektale Temperatur in Beziehung zum Vortageswert gesetzt werden. Eine Temperaturmessung am Vormittag ist mit dem entsprechenden Wert am Vormittag des vergangenen Tages zu vergleichen und entsprechend eine Temperaturmessung am Nachmittag mit dem jeweiligen Wert am Nachmittag des vergangenen Tages. Hieraus wird die Temperaturdifferenz (T) errechnet. Ein negativer Wert bezeichnet somit einen Temperaturabfall, ein positiver Wert einen Temperaturanstieg.

Die Beurteilung der Zitzenfüllung und Relaxation der breiten Beckenbänder erfolgte nach dem Parturition Score nach STREYL et al. (2011).

Tabelle 4: Beurteilung von Parturition Score nach STREYL et al. (2011)

Klinische Anzeichen	Parturition Score-Punkte			
	breite Beckenbänder	fest, keine Relaxation 0	ggr. weicher 2	komplett weich, aber palpierbar 4
Zitzenfüllung	keine Füllung 0	ggr. gefüllt 1	mgr. gefüllt 2	vollständig gefüllt 3

Modifiziert wurde dieser Parturition Score lediglich insoweit, dass eine feinere Abstufung gewählt wurde. Auf diese Weise können die Relaxation der Beckenbänder die Punkte 0, 1, 2, 3, 4, 5 und 6 und die Zitzenfüllung die Punkte 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 und 3 erreichen. Addiert ergeben diese Punkte den endgültigen Parturition Score (PS).

Eine vaginale Untersuchung der Tiere während des Versuchsablaufes war auf Grund der Lichtempfindlichkeit der Sender nicht möglich. Als Kriterium für aufgetretene Entzündungen durch Reizungen der vaginalen Schleimhaut, wurde auf eine Beurteilung des vaginalen Ausflusses zurückgegriffen. Die Dokumentation des vaginalen Ausflusses erfolgte in den Abstufungen ggr., mgr. und hgr. schleimig, sowie ggr., mgr. und hgr. eitrig.

Die Blutentnahme fand unter antiseptischen Bedingungen an der Schwanzvene statt, wobei mindestens 4 ml Blut zur Gewinnung von Plasma entnommen wurden. Hierfür musste in einem Bereich von ca. 10 cm ventral und proximal am Schwanz die Haut mit Alkohol-getränktem Zellstoff gesäubert werden. Anschließend wurde zunächst nur die, auf dem BD Vacutainer® Einmalhalter aufgeschraubte 20G-Kanüle in einem Winkel zwischen 45° und 90° eingeführt und zuletzt der BD Vacutainer® Tube in den Vacutainer® One Use Holder eingesteckt. Der im Blutreagenzröhrchen vorhandene Unterdruck saugt das Blut automatisch an.

Zeitpunkt der Untersuchung und der Blutentnahme, sowie alle Ergebnisse sind im Protokoll festgehalten (vgl. IX. Anhang: Abbildung 18 u. Abbildung 19).

Nach Ablauf der im Tierversuchsantrag festgelegten Zeit (vgl. 2.3) wurde der Versuch beendet, und es erfolgten keine weiteren Untersuchungen und Blutentnahmen.

3.1.4. Überwachung der Geburt

Im Falle einer Geburtsmeldung durch das iVET®-Geburtsüberwachungssystem (vgl. 1.1.1.3) wurde innerhalb von 30 min die entsprechende Kuh kontrolliert und die Position des iVET®-Senders dokumentiert. Zeigte das Tier noch keine äußerlichen Geburtsanzeichen, musste mittels einer vaginalen Untersuchung festgestellt werden, ob sich die Kuh bereits in Geburt befand. Hierzu ging man gleichermaßen wie oben (3.1.2) beschrieben vor. Wurde auch hierbei kein Anzeichen einer beginnenden Geburt gefunden (Öffnungsgrad der Zervix > 2 Finger, Fruchtteile oder Fruchtblasen palpierbar), war erneut ein iVET®-Sender einzulegen (vgl. 3.1.2) und die Alarmierung wurde als Fehlalarm (falsch positiv) gewertet.

Andernfalls wurde der weitere Geburtsverlauf beobachtet und erst bei deutlichen Geburtsverzögerungen helfend eingegriffen.

3.1.5. Vorzeitiger Abbruch des Versuches

Die Überwachung einer Kuh wurde nach dem dritten Fehlalarm des iVET®-Senders vorzeitig abgebrochen. Als Fehlalarm wurde jede Alarmierung durch das iVET®-System gezählt, wenn bei der darauf folgenden Untersuchung des Versuchstieres keine äußerlichen oder vaginalen Anzeichen einer beginnenden

Geburt festgestellt werden konnten. Nicht als Fehlalarm gezählt wurde ein Alarm des iVET®-Systems, wenn sich der Sender gemäß Herstellerangaben innerhalb von 15 min wieder erneut aktivierte (Reaktivierung).

Bei den Tieren 017 bis 040 endete mit dem Abbruch der Geburtsüberwachung mittels iVET® auch die regelmäßige Untersuchung des Tieres (vgl. 3.1.3). Die späteren Tiere (041 bis 077) wurden auch weiterhin im Rahmen des Tierschutzantrages (vgl. 2.3) zweimal täglich untersucht.

3.1.6. Bestimmung der Beckenbreite

Die Bestimmung der Beckenbreite wurde mit einem Beckenzirkel nach Martin durchgeführt. Die Abmessung der lateralnen Sitzbeinbreite (TiTi_l) erfolgte am ruhig stehenden Tier bei gleichmäßiger Belastung der Hintergliedmaßen (vgl. II.3). TiTi_l entspricht der Entfernung der lateralsten Punkte der beiden Tuber ischiadici analog der Studie von HEUN et al. (2008). Da nach dieser Arbeit die TiTi_l am engsten mit dem kaudalen Querdurchmesser (kQ) korreliert, wurde von den möglichen äußeren Beckenmaßen nur die TiTi_l ausgemessen. Es ist aufgrund der Größe des iVET®-Senders davon auszugehen, dass dessen Position von weiteren internen Beckenmaßen (Beckeneingangsdiagonale, Pektenvertikale, Conjugata vera, etc.) nicht beeinflusst wird. Da die Bestimmung der TiTi_l erst gegen Ende des Versuches als sinnvoll erkannt und in den Versuch integriert wurde, waren zu diesem Zeitpunkt bereits einige Tiere aus unterschiedlichen Gründen aus dem Betrieb abgegangen. Somit fehlen die TiTi_l-Werte der Tiere 018, 023, 025, 039, 040 und 072.

3.2. Progesteronmessung

Zur Gewinnung des Plasma wurden Vacutainer®-Röhrchen mit K₂EDTA mit der Blutprobe innerhalb von 30 min zentrifugiert (3.363*g, 10 min bei 20 °C). Das Plasma wurde in zwei Eppendorfgefäße pipettiert. Beide Reaktionsgefäße lagerten bei -28 °C bis zur weiteren Verarbeitung.

Unter Verwendung der Doppelantikörpertchnik (MEYER, 1989) wurde mit Hilfe eines hauseigenen Enzym-Immuno-Assays (EIA) die Progesteronkonzentration aus dem bei Raumtemperatur aufgetauten Plasma bestimmt. Das Labor der Klinik für Wiederkäuer der LMU München stellt die hierfür notwendige Substratlösung (H₂O₂-Tetramethylbenzidin), die Kontrolllösung und den Standard selbst her.

Verwendet wurden hierfür 96er-Mikrotitrationsplatten (MTP), welche mit einem sekundären, affinitätsgereinigten Antikörper (sheep-IgG-anti-rat-IgG-Antikörper) beschichtet sind. In einem ersten Schritt wurden diese Platten doppelt mit 400 µl Tween 80-Konzentrat ausgewaschen und kräftig ausgeklopft. Anschließend wurden in jedes Well 5 µl der Probe (Plasma) bzw. 5 µl Kontrolle (P4 in 0-Plasma) oder 5 µl Standard (P4 von 10 ng/ml bis 0,46 ng/ml verdünnt) pipettiert. Zuletzt wurde jedem Well 80 µl P4-3-CMO-HRP und 80 µl primärer, monoklonaler Antikörper hinzugefügt. Die Inkubation erfolgte über Nacht auf einem Schüttler im Kühlschrank bei 4 °C. Am folgenden Tag wurden die Überstände dekantiert und fünfmal mit 400 µl/Well TWEEN 80-Konzentrat gewaschen. Um die Farbreaktion zu starten mussten 150 µl/Well Substratlösung zugefügt werden. Die Platten wurden anschließend exakt 40 min im Dunkeln bei 37 °C im Wasserbad inkubiert. Um die Reaktion zu stoppen wurden zuletzt 50 µl/Well 4N H₂SO₄ aufgetragen und die Farbreaktion anschließend photometrisch (450 nm) gemessen. Die Intra-Assay-Variation belief sich auf < 10 %. Die Nachweisgrenze (niedrigste ermittelbare Hormonkonzentration) errechnet aus $B_0 - 3 SD$ (B_0 : Nullwert, SD: Standardabweichung der B_0 -Bestimmung) lag bei 0,6 pmol/ml (0,19 ng/ml).

3.3. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Inc., USA) und IBM SPSS Statistics 20 (IBM, USA).

Drei Tiere konnten für die Auswertung der Zuverlässigkeit des Geburtsmeldesystems iVET® nicht verwendet werden (vgl. 2.2.1 Gruppen).

Zwei Tiere waren Mehrrassenkreuzungen mit anderen Rassen als Fleckvieh oder Deutsch-Holstein. Diese Tiere wurden bei der Berechnung eines möglichen Einflusses des Rasseanteils Fleckvieh/Deutsch-Holstein nicht verwendet. Alle übrigen Tiere waren reine Kreuzungen zwischen den Rassen Fleckvieh und Deutsch-Holstein oder reinrassige Tiere dieser beiden Rassen (vgl. IX. Anhang Tabelle 26)

Bei zwei Tieren wurde kein BCS bestimmt (vgl. 3.1.3 und IX. Anhang Tabelle 26).

Die laterale Sitzbeinbreite konnte bei sechs Kühen nicht gemessen werden, da diese Tiere zum Zeitpunkt der Messung nicht mehr Bestandteil der Herde waren

(vgl. IX. Anhang Tabelle 26).

Mittels einer Receiver Operating Characteristic-Kurve (ROC-Kurve) konnten Cut-Off-Werte für ein optimales Verhältnis aus Sensitivität und Spezifität ermittelt werden. Diese Cut-Off-Werte bilden Grenzen für ein positives/negatives Testergebnis. Zur Berechnung der ROC-Kurven wurden gemäß der intention-to-treat-Analyse alle Werte aller 59 Kühe verwendet. Bei der intention-to-treat-Analyse wird davon ausgegangen, dass alle Probanden, die einen Versuch beginnen, das Versuchsergebnis beeinflussen können, auch wenn im späteren Verlauf Werte dieser Versuchsteilnehmer fehlen (z.B. auf Grund eines Versuchsabbruches). So wurden bei sechs Kühen lediglich bis zum Abbruch des iVET®-Versuches Untersuchungen getätigt (Abbr₀). Des Weiteren musste die Geburtsüberwachung bei drei Tieren laut Protokoll sieben Tage nach errechnetem Geburtstermin abgebrochen werden (Abbr₇). Es ergaben sich hieraus 961 Daten zur Berechnung einer ROC-Kurve für den Parturition Score (405 Daten von Kalbinnen; 556 Daten von multiparen Kühen), 838 Daten zur Berechnung einer ROC-Kurve für die Messung eines Temperaturunterschiedes (357 Daten von Kalbinnen; 481 Daten von multiparen Kühen) und 840 Daten zur Berechnung der ROC-Kurve für die Messung des Progesteronabfalls. Jedem Datensatz wurde das Ereignis 0 = keine Geburt oder 1 = Geburt jeweils innerhalb von 12 h/24 h zugewiesen.

Zur Überprüfung auf statistische Abhängigkeit wurde ein Rangsummentest (Mann-Whitney-U-Test), Exakter Test nach Fisher, Chi-Quadrat-Test oder Student-t-Test verwendet.

Die Grenze für statistische Signifikanz wurde bei < 0,05 gesetzt.

IV. ERGEBNISSE

1. Die Geburtsüberwachung mittels iVET®

Ein Schwerpunkt dieser Studie war die Erprobung von Zuverlässigkeit und Praktikabilität des iVET®-Geburtsüberwachungssystems. Dieser Geburtsmelder soll die antepartale Überwachung während der letzten Tage der Trächtigkeit erleichtern, in dem er zuverlässig und rechtzeitig den Geburtsbeginn anzeigt. Hierzu wurde die Effektivität der Geburtsüberwachung mittels iVET® im Vergleich zu bekannten Geburtsvorhersagen, wie dem Parturition Score nach STREYL et al. (2011) oder täglichen Temperaturmessungen, bei insgesamt 56 Kühen getestet. Als Goldstandard und Bezugsgröße für den Geburtseintritt wurde zudem bei 49 Kühen zweimal täglich die Progesteronkonzentration im Blutplasma bestimmt.

Die Überwachung mit dem iVET®-Geburtsüberwachungssystem begann in der vorliegenden Studie sieben Tage vor errechnetem Geburtszeitpunkt und endete mit dem Beginn der Geburt, spätestens aber sieben Tage nach dem errechneten Geburtszeitpunkt (vgl. III.3.1.2 und III.2.3). Ein früherer Abbruch des Versuches erfolgte nur nach mehrmaligem Verlust des Senders aus der Scheide (vgl. III.3.1.5). Bei diesen Tieren war folglich eine Überwachung durch das iVET®-Geburtsmeldesystem nicht möglich. Die möglichen Abläufe des Versuches sind in Abbildung 4 illustriert.

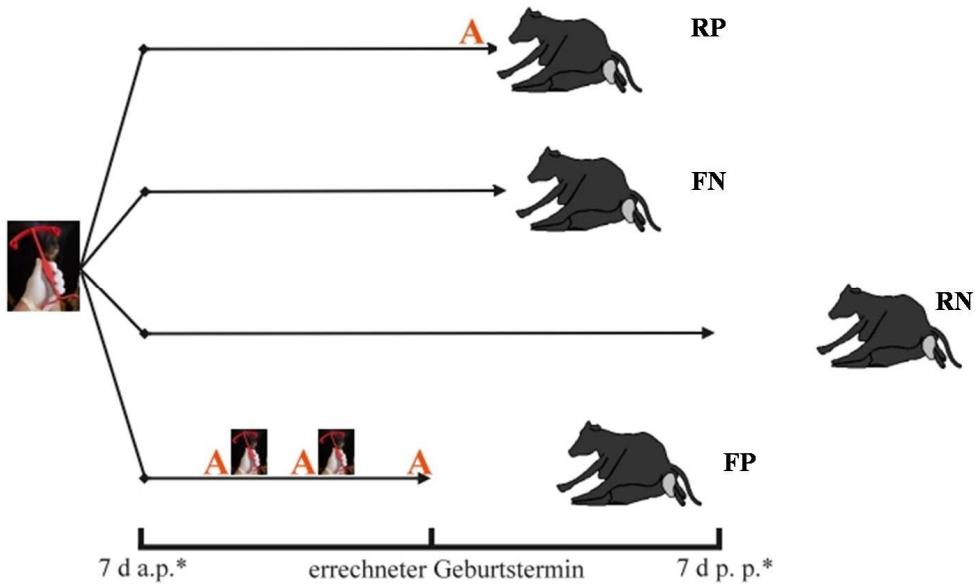


Abbildung 4: Möglichkeiten des Versuchs- und Geburtsverlaufes

Die Geburtsüberwachung begann mit dem Einsetzen des iVET®-Senders i.d.R.

7 Tage vor dem errechneten Geburtstermin (a. p.*)

iVET®-Abbildung: Zeitpunkt der intravaginalen Applikation

Die Grafik der gebärenden Kuh markiert den Zeitpunkt der Kalbung.

Abkürzungen: A: Geburtsalarmierung durch das iVET®

RP: richtig positive Tiere: regulärer Alarm zur Geburt

FN: falsch negative Tiere: Zum Zeitpunkt der Geburt erfolgte keine Alarmierung durch das iVET®

RN: richtig negative Tiere: Sieben Tage nach errechnetem Geburtstermin wurde der Versuch abgebrochen

FP: falsch positive Tiere: Nach dem dritten Fehlalarm durch Herauspressen des Senders wurde der Versuch abgebrochen

1.1. Fehlalarme und Versuchsabbrüche ó Probleme in der iVET®-Geburtsüberwachung

1.1.1. Können alle Kühe mit dem iVET®-Geburtsüberwachungssystem überwacht werden?

Die Untersuchung wurde bei 56 Kühen durchgeführt. Hierbei musste der Versuch bei 23,2 % der Tiere ($n = 13$; siehe Tabelle 5), aufgrund von drei Fehlalarmen durch vorzeitiges Herauspressen des Senders aus der Scheide abgebrochen werden, so dass eine reguläre Überwachung der Geburt nicht möglich war. 69,6 % der Geburten wurden durch die Technik erfolgreich gemeldet ($n = 39$), und bei nur einer Kalbin erfolgte zum Zeitpunkt der Abkalbung der Alarm nicht rechtzeitig (1,8 %). Bei drei weiteren Tieren (5,4 %) musste der Versuch gemäß dem Tierschutzantrag abgebrochen werden, nachdem die Kühne auch sieben Tage

nach errechnetem Geburtstermin nicht abkalbten.

Die Sensitivität des iVET®-Geburtsüberwachungssystems beträgt somit 97,5 % (95 %iges Konfidenzintervall: 87,12 % - 99,56 %).

Tabelle 5 zeigt den relativ hohen Anteil (23,2 %) an Kühen, die auf Grund von drei Fehlalarmen aus dem Versuch genommen werden mussten, also nicht regulär überwacht werden konnten (FP). Kapitel 1.2 untersucht mögliche Gründe hierfür.

Zum Versuchsabbruch durch Herausfallen des Geburtsmelders aus der Scheide (Gruppe FP) kam es verstärkt bei multiparen Kühen; in der Gruppe RP dagegen ist das Verhältnis zwischen multiparen und primiparen Kühen annähernd ausgeglichen: Multipare-FP 84,6 % vs. Multipare-RP 51,3 %; $p < 0,05$ (vgl. Abbildung 5).

Tabelle 5: Bei einem relativ großen Anteil der Versuchstiere war die iVET®-Überwachung nicht regulär durchführbar

Verlauf der Geburtsüberwachung		n (%)	
RP	Geburtsmeldung zur Geburt erfolgt	39 (69,6 %)	40 (71,4 %)
FN	Geburtsmeldung zur Geburt <u>NICHT</u> erfolgt	1 (1,8 %)	
RN	Versuchsabbruch wegen Übertragung	3 (5,4 %)	16 (28,6 %)
FP	Versuchsabbruch wegen Herausfallen	13 (23,2 %)	
Summe:			56 (100 %)

RP: richtig positive Tiere: regulärer Alarm zur Geburt (max. zwei Fehlalarme)

FN: falsch negative Tiere: Zum Zeitpunkt der Geburt erfolgte keine
Alarmierung durch das iVET®

RN: richtig negative Tiere: Sieben Tage nach errechnetem Geburtstermin
wurde der Versuch abgebrochen

FP: falsch positive Tiere: Nach dem dritten Fehlalarm durch Herauspressen des
Senders wurde der Versuch abgebrochen

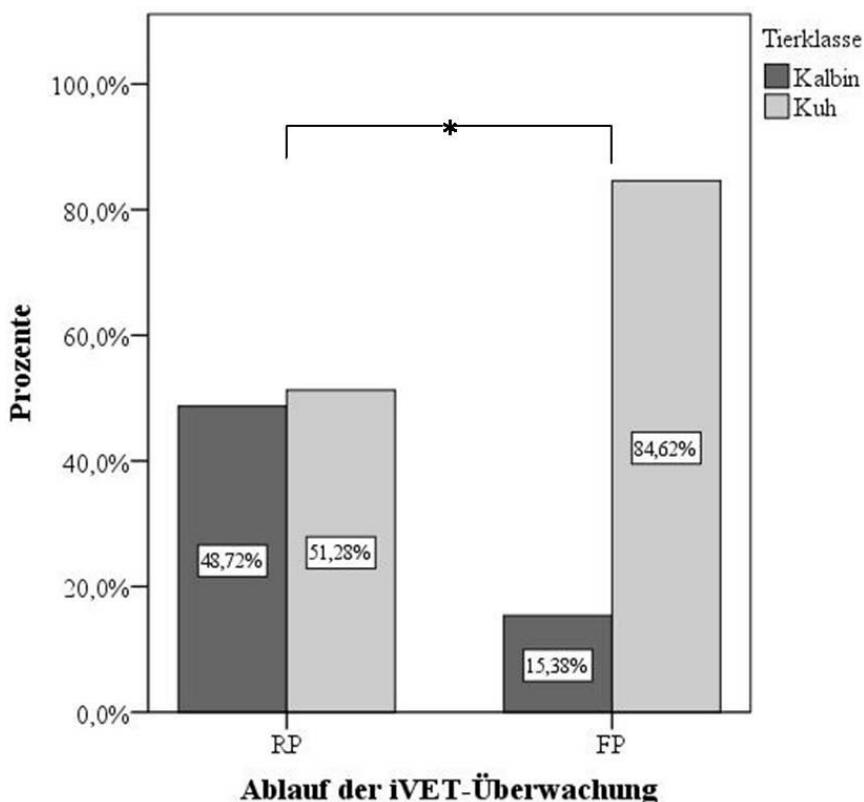


Abbildung 5: Verhältnis zwischen Erstkalbinnen und Kühen in den Gruppen der Geburtsüberwachung (n = 52)

RP: erfolgreiche Geburtsüberwachung mit iVET[®] (max. 2 Fehlalarme)

FP: Überwachung musste vorzeitig beendet werden (nach dem 3. Fehlalarm)

* Signifikanter Unterschied (χ^2 ; p < 0,05)

1.1.2. Fehlalarme treten vermehrt bei multiparen Kühen auf

Im Folgenden wird auf die ausgelösten Alarme der iVET[®]-Sender im Detail eingegangen (siehe Tabelle 6). Von den insgesamt 89 Geburtsalarmen, bei denen es nicht zu einer Reaktivierungsmeldung per SMS innerhalb von 15 min kam (siehe III.1.1.1.3 Reaktivierung), entsprachen nur 43,8 % (n = 39) tatsächlich einer Geburt (richtig positiv).

Bei den restlichen 50 Alarmen (56,2 % von allen Alarmen, auf die keine Reaktivierung folgte) handelte es sich um Fehlalarme (falsch positiv). Es wurde jeweils per SMS eine Geburt gemeldet. Bei der klinischen Untersuchung stellte sich bei den Fehlalarmen jedoch heraus, dass sich das hochtragende Tier noch nicht in Geburt befand. Der Alarm wurde durch Hervorpressen des Senders bis zur Aktivierung des Lichtsensors ausgelöst (vgl. III.3.1.4). Nach der klinischen Untersuchung wurden die Sender neu eingesetzt, sofern es sich bei diesem Tier nicht um den dritten Fehlalarm handelte.

In 18 weiteren Fällen erfolgte eine automatische Reaktivierung des Senders (vgl. III.1.1.1.3 Reaktivierung). Eine ausführliche Untersuchung zu den Reaktivierungsmeldungen findet sich nachfolgend unter 1.3.3.

Tabelle 6: Tatsächliche Situation im Stall nach einer iVET®-Alarmierung

		Tierklasse		Gesamt	Ohne Reaktivierung
Ergebnis	Geburt	n	19	20	39
		%	17,8 %	18,7 %	36,4 %
	Fehlalarm	n	11*	39*	50
		%	10,3 %	36,4 %	46,7 %
	Reaktivierung	n	7	11	18
		%	6,5 %	10,3 %	16,8 %
	Gesamt	n	37	70	107
		%	34,6 %	65,4 %	100,0 %

Das Ergebnis einer iVET®-Alarmierung kann folgendes darstellen:

✓ Geburt → richtig positive Meldung (Tier in Geburt)

✓ Fehlalarm → falsch positive Meldung (Tier nicht in Geburt)

✓ Reaktivierung → Tier wurde nicht untersucht, da die Überwachung automatisch neu startete

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$; T-Test)

Der größte Anteil der ausgelösten Fehlalarme entstand in der Gruppe FP (78,0 %). Nur 22,0 % der Fehlalarme ($n = 11$) wurde bei acht Tieren ausgelöst, die anschließend erfolgreich überwacht werden konnten und der Gruppe RP zugeordnet wurden. Aus Tabelle 6 wird ebenfalls ersichtlich, dass 78,0 % der Fehlalarme (39 von 50) bei multiparen Kühen ausgelöst wurden. Das Verhältnis von Kühen und Kalbinnen in der vorliegenden Studie beträgt lediglich 58,9 % zu 41,1 % (33 multipare Kühe und 23 primipare Kalbinnen).

Es ist deutlich erkennbar, dass ein sehr hoher Anteil an Geburtsmeldungen nicht im Zusammenhang mit einer Geburt stand. In den meisten dieser insgesamt 50 Fälle ($n = 48$; 96,0 %) war der Sender herausgefallen oder so weit herausgepresst worden, dass der Lichtsensor aktiviert wurde.

Tabelle 7 spiegelt die große Diskrepanz zwischen der guten Sensitivität (97,5 %) und dem nur mäßigen Positiven Prädiktiven Wert (43,8 %) eines iVET®-Alarms wieder.

Tabelle 7: Zuverlässigkeit eines iVET®-Alarms

		unteres	oberes
		95 %iges Konfidenzintervall	
Sensitivität	97,5 %	87,12 %	99,56 %
ppW	43,8 %	33,98 %	54,17 %

Sensitivität: Anteil aller erfolgreich gemeldeten Geburten von allen überwachten Geburten

ppW: positiver prädiktiver Wert: Wahrscheinlichkeit, dass ein Geburtsalarm tatsächlich einer Geburt entspricht

Die Spezifität (5,7 %) bleibt in dieser Auswertung ebenso wie der negative Prädiktive Wert (75,0 %) lediglich eine theoretische Größe.

Die zahlreichen Fehlalarme führten dazu, dass viele Kühe mit drei Fehlalarmen vorzeitig aus dem Versuch genommen werden mussten (vgl. 1.1.2).

1.2. Gründe für die Versuchsabbrüche

1.2.1. Ist ein Zusammenhang mit den Beckenmaßen gegeben?

Da sich der iVET®-Sender lediglich auf Grund seiner stumpfen Ankerform intravaginal festhält, könnte es einen Zusammenhang zwischen den inneren Beckenmaßen und dem intravaginalen Verbleib der Sender geben.

Als relevantester Parameter für einen guten intravaginalen Halt des iVET®-Senders dürfte der kaudale Querdurchmesser (kQ) gelten (vgl. II.3). Diese Größe wiederum kann durch Messung der lateralen Sitzbeinbreite einfach abgeschätzt werden, da beide Parameter eng miteinander korrelieren (HEUN, 2008). Wie oben beschrieben (III.3.1.6) wurde bei 53 Versuchstieren die laterale Sitzbeinbreite ermittelt. Hiervon können 46 Tiere den beiden Gruppen RP (erfolgreiche Geburtsmeldung) und FP (Abbruch durch dreimaliges Herausfallen der Sender) zugewiesen werden.

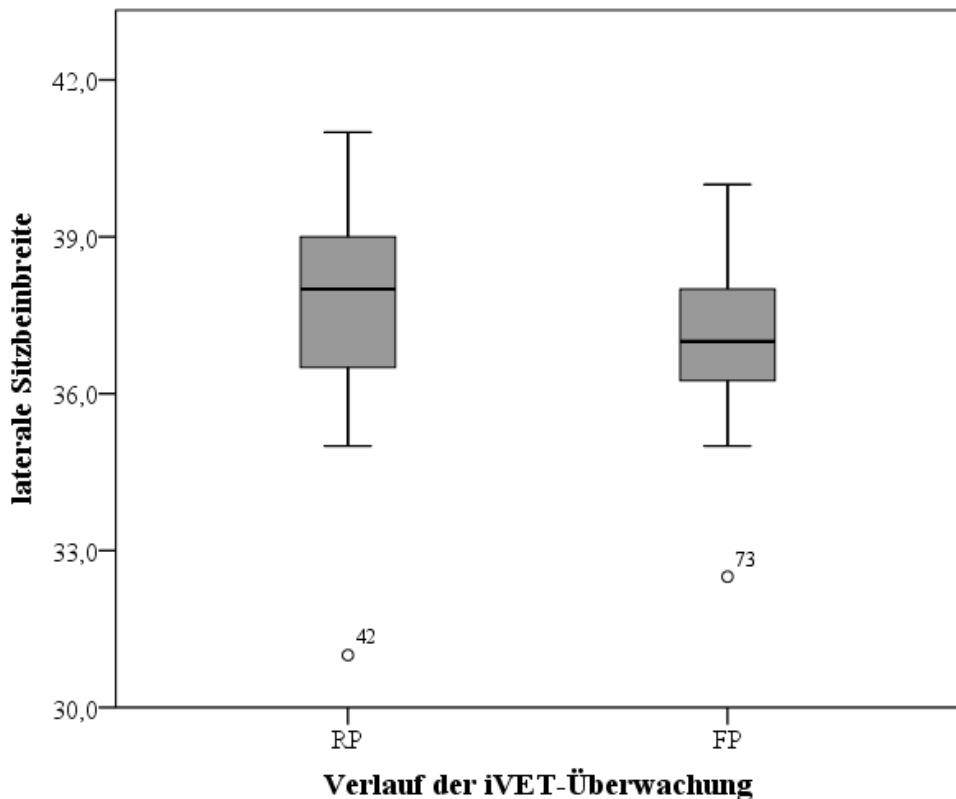


Abbildung 6: Einfluss der lateralen Sitzbeinbreite auf die Geburtsüberwachung durch das iVET®.

42 / 73:	Versuchstiere 042 / 073
RP (richtig positiv)	erfolgreiche Geburtsüberwachung (max. 2 Fehlalarme) (n = 35)
FP (falsch positiv)	Versuchsabbruch wegen Herausfallens (drei Fehlalarme) (n = 11)

Abbildung 6 zeigt deutlich, dass kein Zusammenhang zwischen der lateralen Sitzbeinbreite und dem Erfolg einer Überwachung mittels iVET® besteht (Mann-Whitney-U-Test; $p > 0,05$).

Es kann also davon ausgegangen werden, dass auch die inneren Beckenmaße nicht im Zusammenhang mit der hohen Anzahl an Fehlalarmen steht.

1.2.2. Steht die Körperkondition im Zusammenhang mit dem intravaginalen Verbleib der Sender?

Zur Prüfung des Einflusses der Körperkondition auf die Zuverlässigkeit des iVET®-Senders wurde der Body Condition Score (BCS) herangezogen. Die Überlegung hierfür bestand darin, dass Tiere mit hohem Body Condition Score (BCS) auch im Bereich des weichen Geburtsweges mehr Fett angelagert haben könnten. Dies könnte einen Grund für den schlechteren intravaginalen Halt des Senders darstellen.

Tabelle 8 zeigt den BCS (vgl. III.3.1.1) von 57 Kühen, die mittels iVET® überwacht wurden.

Tabelle 8: Body Condition Score der Versuchstiere (n = 57)

	Anteil an HF ¹			Gesamt
	< 33 %	33 % - 66 %	> 66 %	
BCS²	2,0	0	0	1*
	2,5	0	1	1
	3,0	1	7	9
	3,5	8	6	3
	4,0	7*	6	0
	4,5	5	1	0
	5,0	1	0	0
Gesamt		21	21	13
				57

* enthalten ist jeweils eine Kreuzungskuh mit einer dritten Rasse (genetischer Anteil > 25 %)

¹ Anteil an HF beschreibt den genetischen Anteil der Rasse Deutsch-Holstein, Rest zu 100 % entspricht dem genetischen Anteil der Rasse Fleckvieh)

² BCS: Body Condition Score

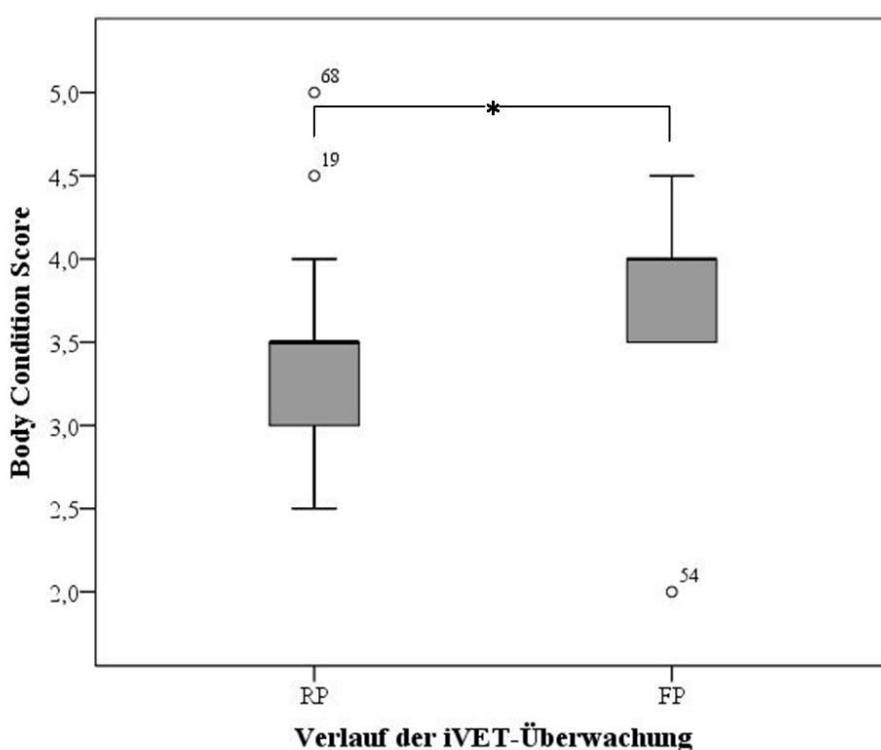


Abbildung 7: Einfluss der Körperkondition auf den Erfolg einer Geburtsüberwachung mit iVET® (n = 50)

RP: erfolgreiche Geburtsüberwachung (max. 2 Fehlalarme) (n = 35)

FP: Versuchsabbruch wegen Herausfallen nach dem dritten Fehlalarm (n = 11)

* Signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U-Test; p < 0,05)

Abbildung 7 zeigt den signifikanten Zusammenhang zwischen BCS und dem Verlauf (Erfolg vs. Abbruch) der Geburtsüberwachung ($p < 0,05$): Tiere mit einem hohen BCS konnten demnach signifikant schlechter überwacht werden, da es bei diesen Tieren wesentlich häufiger vorkam, dass der iVET[®]-Sender antepartal herausfiel.

Aus Tabelle 8 und Abbildung 8 wird deutlich, dass Tiere mit einem hohen genetischen Anteil der Rasse HF einen hochsignifikant niedrigeren BCS aufweisen, als Tiere mit einem hohen genetischen Anteil der Rasse FV (Korrelation nach Pearson; $R = 64\%$; $p < 0,01$).

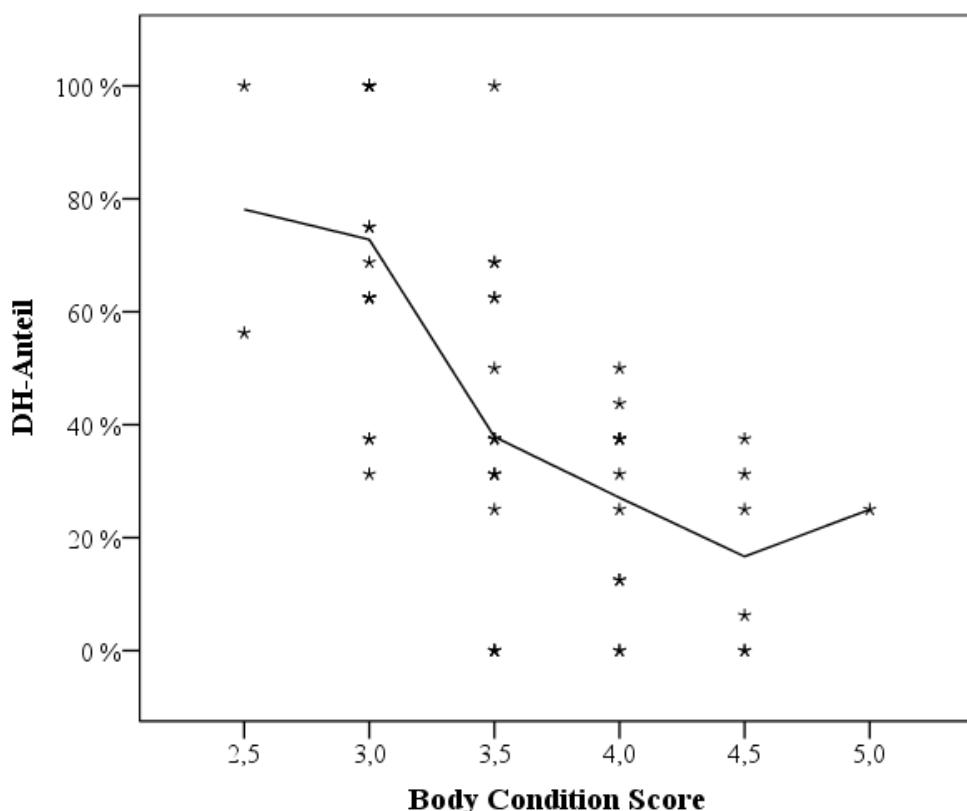


Abbildung 8: Korrelation zwischen Rassenanteil und Body Condition Score ($n = 55$)

Der HF-Anteil beschreibt den genetischen Anteil der Rasse Deutsch-Holstein; der Rest zu 100 % entspricht dem genetischen Anteil der Rasse Fleckvieh. Die abfallende Interpolationslinie zeigt die negative Korrelation zwischen dem genetischen Anteil an HF und dem BCS.

1.2.3. Gibt es einen Einfluss der Rasse auf die Fehlalarmrate?

Aufgrund des oben (1.2.2 mit Abbildung 8) angesprochenen Zusammenhangs zwischen Rasseanteil und BCS wurde nun separat überprüft, ob sich der genetische Rasseanteil auf das Ergebnis, den Verlauf der Geburtsüberwachung, auswirkt. Die Mehrzahl der Versuchstiere (96,4 %) bildeten hierbei Tiere mit

genetischen Anteilen der Rassen Fleckvieh (FV) und Holstein-Friesian (HF). Lediglich bei zwei Tieren, welche beide den Versuch vorzeitig aufgrund von drei Fehlalarmen beendeten, handelte es sich um Mehrrassenkreuzungen mit einem dritten Rasseanteil. Tier 032 wies einen genetischen Anteil von 75 % FV und 25 % Gelbvieh auf. Bei dem Versuchstier 054 war zusätzlich zu 75 % HF und 12,5 % FV auch 12,5 % Braunvieh vorhanden.

Der Einfluss des prozentualen Anteils von HF einer Kuh auf die Praktikabilität der iVET®-Überwachung im Sinne des intravaginalen Verbleibs erfolgte statistisch mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests. Die beiden Mehrrassenkreuzungstiere konnten hierfür nicht hinzugezogen werden.

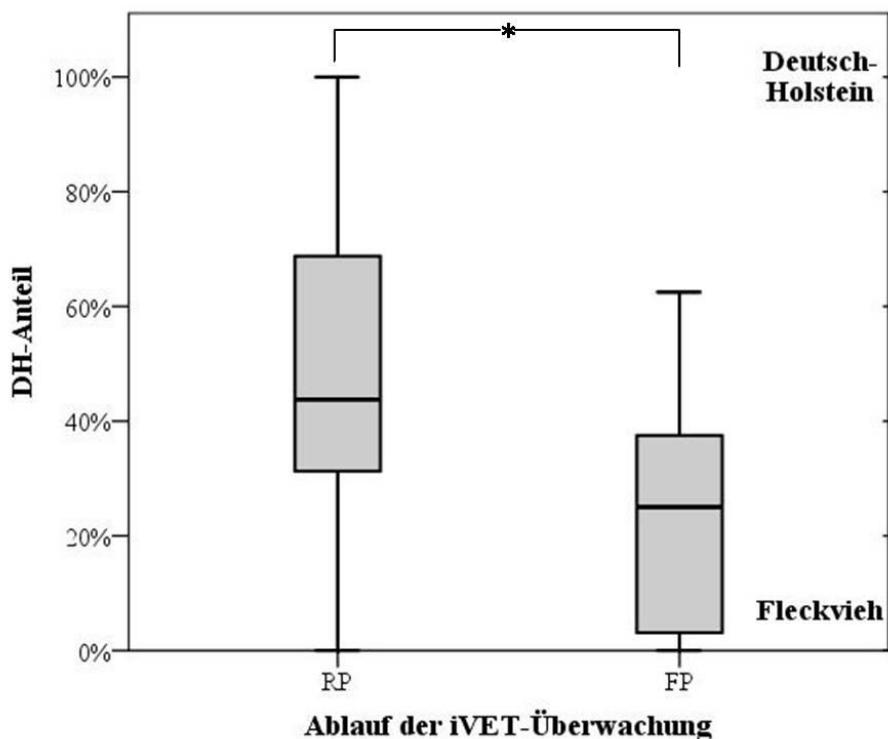


Abbildung 9: Der Überwachungserfolg war bei Tieren mit hohem Holstein-Friesian (HF)-Anteil signifikant besser als bei Tieren mit hohem FV-Anteil

RP: richtig positiv; erfolgreiche Geburtsüberwachung mit iVET® (max. 2 Fehlalarme) (n = 39)

FP: falsch positiv; Versuchsabbruch (nach dem 3. Fehlalarm) (n = 11)

* Signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U-Test; p < 0,05)

Abbildung 9 zeigt einen signifikanten Rasse-Effekt: Der HF-Anteil war in der Tiergruppe mit erfolgreicher Geburtsüberwachung (RP) deutlich höher als bei den Tieren, bei denen der Versuch wegen dreimaliger Fehlalarme nach Serververlust (Gruppe FP) abgebrochen wurde ($p < 0,05$).

Bei keiner Kuh, die einen genetischen Anteil von $\times 66\%$ HF aufwies, wurden mehr als zwei Fehlalarme ausgelöst. Eine Ausnahme stellte hierbei ein Kreuzungstier dar, bei welchem der genetische Anteil an HF 75 % entsprach. Dieses Tier konnte aber wegen seines 12,5 %igen Anteils einer dritten Rasse nicht in die Berechnung aufgenommen werden. Für die Auswertung wurden nur Tiere mit den genetischen Anteilen FV und HF hinzugezogen. Die Überwachung mittels iVET® führte bei 6 von 18 Kühen mit einer überwiegenden Fleckvieh-Abstammung ($\times 66\%$) zum Abbruch (vgl. Tabelle 9). Von den sieben im Versuch befindlichen reinrassigen Fleckvieh-Kühen konnte der Versuch nur bei vier Kühen erfolgreich beendet werden.

Tabelle 9: DH-Tiere sind erfolgreicher mittels iVET® zu überwachen als FV

	iVET-Überwachung		Gesamt
	erfolgreich	abgebrochen	
Anteil an DH¹	< 33 %	12	7²
	33 % ó 66 %	16	5
	> 66 %	11	1²
Gesamt	39	13	52

¹ Anteil an DH beschreibt den genetischen Anteil der Rasse Deutsch-Holstein; der Rest zu 100 % entspricht dem genetischen Anteil der Rasse Fleckvieh

² inkl. einem Mehrrassenkreuzungstier mit 25 % bzw. 75 % genetischem DH-Anteil

1.3. Welche technischen und arbeitsorganisatorischen Besonderheiten traten bei der Überwachung mittels iVET® auf?

1.3.1. Technische Fehler während Aktivierung und Betrieb der Sender

In einzelnen Fällen kam es zu technischen Schwierigkeiten, so dass Sender nach intravaginaler Eingabe nicht aktiviert wurden, keine Aktivierungsmeldungen sendeten und ausgetauscht werden mussten ($n = 5$). In einem Fall wurde die Aktivierungsmeldung erst 15,5 h nach intravaginaler Eingabe gesendet.

In drei Fällen wurde nach kurzer Zeit eine zweite Aktivierungsmeldung gesendet. Ein Gerät sendete zehn Aktivierungsmeldungen innerhalb von 89 h ó dieses Gerät stellte sich als nicht mehr betriebsbereit heraus und fand keine weitere Verwendung im Versuch. Die beiden anderen Geburtsmelder arbeiteten im Anschluss jedoch problemlos und verblieben im Tier.

1.3.2. Welcher Arbeitsaufwand ergibt sich aus einer Nutzung des iVET®-Systems zur Geburtsüberwachung?

Ein Ziel des Geburtsmelders ist es, die Arbeitsbelastung im Stall zu senken, dabei aber eine möglichst effektive Geburtsüberwachung zu gewährleisten. So soll durch die Verwendung des iVET®-Geburtsüberwachungssystems keine weitere Notwendigkeit einer nächtlichen Geburtsüberwachung von hochträchtigen Tieren bestehen. Deshalb wurden im Projekt die routinemäßigen und fehlerbedingten Aufwendungen dokumentiert.

Zusätzlicher Arbeitsaufwand bei der Geburtsüberwachung mittels iVET® entsteht durch die vaginale Eingabe der Sender. Dieser beträgt pro Eingabe inklusive Tiervorbereitung (Fixation und Reinigung) etwa 15 min. Bei ungelerntem Personal dauert die Eingabe entsprechend länger bis zu 25 min. Durch wiederholte Fehlalarme und technische Mängel bei der Aktivierung der Sender musste dies bei mehreren Versuchstieren wiederholt werden. Insgesamt wurde jeder Kuh 1,8-mal ein Sender eingegeben, was 109 Eingaben bei 59 Versuchskühen entspricht. Dies ergibt einen zeitlichen Aufwand von etwa 2.725 min (≈ 45 h).

Die Uhrzeiten der Geburtsalarme im Versuch wurden ebenfalls notiert und ausgewertet. Bei 56 überwachten Kühen wurden insgesamt 50 Fehlalarmen gemeldet (falsch positiv). Fast die Hälfte dieser Fehlalarme (20 von 50) wurde zwischen 21:00 Uhr und 7:00 Uhr ausgelöst.

1.3.3. Möglichkeit der Sender-Reaktivierung reduziert den Arbeitsaufwand durch das iVET®

Die selbstständige Reaktivierung der Sender soll die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms reduzieren. Wie oben (III.1.1.1.3) beschrieben, wird in einem solchen Fall trotzdem zunächst eine Geburtsmeldung gesendet. Registriert der Lichtsensor aber in den folgenden 15 min keinen weiteren Lichteinfall, wird der Sender wieder automatisch auf den Überwachungsmodus umgestellt.

Im Verlauf der vorliegenden Studie wurden 18 Reaktivierungsmeldungen empfangen. Tabelle 10 listet diese Meldungen im Zusammenhang mit den jeweiligen Sendern auf. Acht von elf verwendete Sender meldeten mindestens eine Reaktivierung. 94 % (n = 17) der Reaktivierungsmeldungen wurden innerhalb von 15 min gesendet. Die meisten Meldungen (78 %; n = 14) wurden

sogar innerhalb von 2 min gesendet, so dass hierbei keinerlei zusätzlicher Arbeitsaufwand entstand. Lediglich eine Reaktivierungsmeldung kam so spät (77 min nach Geburtsalarmierung), dass das Versuchstier (032) bereits aufgesucht und untersucht worden war. Weitere 37 min später wurde bei diesem Tier erneut ein Geburtsalarm ausgelöst. Bei der Mehrzahl der Meldungen ($n = 12$) konnten die Tiere bis zur Geburt weiterhin erfolgreich überwacht werden (richtig positive Meldungen). Desweiteren wird aus Tabelle 10 deutlich, dass in den meisten Fällen die Reaktivierungsmeldung in unmittelbarem Zusammenhang mit der Geburt stand. Die Hälfte aller Reaktivierungsmeldungen wurde intra partum gesendet, so dass der Zeitraum bis zur nächsten Geburtsmeldung weniger als 5 min betrug. Lediglich bei den Versuchstieren 059 und 075 kam es zu einer kurzen Verzögerung bis die endgültige Geburtsmeldung gesendet wurde (13 min und 45 min). Andererseits ermöglichte die Reaktivierung bei vier Tieren (035, 044, 069 und 075) eine weitere Überwachung ohne erneute Sendereingabe ó und damit ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand. Bei den Kühen 035, 044 und 075 verlief die folgende Überwachung nach der Reaktivierung ohne weitere Zwischenfälle bis zur erfolgreichen Geburtsmeldung. In fünf weiteren Fällen verhielt sich dies nicht so: Bei den Tieren 021, 032, 054 und 066 reaktivierten sich die Sender zwar nach einem Fehlalarm, es kam aber innerhalb kurzer Zeit (< 5 h) zu einem erneuten Fehlalarm. Der Sender 1.5 reaktivierte sich bei Tier 021 zweimal und meldete nach 4 h und weiteren 2 h erneut einen Fehlalarm. Alle vier Tiere wurden auf Grund von drei Fehlalarmen vorzeitig aus der Studie genommen (falsch positive Meldung).

Tabelle 10 zeigt, dass in einigen Fällen unnötiger Arbeitsaufwand durch eine Reaktivierung des Senders vermieden wurde (22,2 %). In den meisten Fällen (77,8 %) folgte auf die Reaktivierung allerdings in kurzer Zeit eine erneuten Fehlermeldung oder der endgültige Geburtsalarm.

Tabelle 10: Reaktivierungsmeldungen der iVET®-Sender im zeitlichen Zusammenhang mit der Geburt

Tier	iVET®-Sender ¹	Stunden a. p.	Minuten bis zur Reaktivierung	weitere Überwachung ²	Erfolg der Überwachung ³
021	1.5	155,5	15	4 h	FP
021	1.5	151	15	2 h	
032	1.6	181	77	37 min	FP
035	1.8	14	1	14 h	RP
036	1.7	0	15	1 min	RP
044	1.7	247	0	247 h	RP
048	2.0	0	1	1 min	RP
053	2.3	0	1	1 min	RP
054	2.4	92	2	13 min	FP
055	2.3	0	2	4 min	RP
056	2.3	0	1	4 min	RP
059	2.3	0	1	13 min	RP
060	2.2	0	1	1 min	RP
066	2.0	211	1	2 min	FP
068	2.4	0	2	2 min	RP
069	2.0	116	1	105 h	RP
075	2.4	60	0	60 h	RP
075	2.4	0	0	45 min	

a. p. ante partum

¹ Bezeichnung des verwendeten iVET®-Senders

² weitere Überwachung: Zeit bis zur nächsten Geburtsmeldung des Senders

³ Erfolg der Überwachung: **FP:** falsch positiv: Tier musste den Versuch aufgrund von drei Fehlalarmen abbrechen

RP: richtig positiv: erfolgreiche Geburtsüberwachung (max. zwei Fehlalarme)

1.4. Kam es durch die Platzierung des iVET®-Geburtsmelders zu vaginalen Irritationen?

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte eine genaue Beobachtung und Dokumentation von lokalen Reizungen des Vestibulums und der Vagina durch die Anwendung des iVET®. Da eine tägliche vaginale Untersuchung nicht durchführbar war, wurde purulenter Vaginalausfluss (VA) als Anzeichen für eine Vestibulitis/Vaginitis angesehen.

Der purulente Vaginalausfluss wurde in vier Kategorien VA₀-VA₄ eingeteilt,

wobei VA_0 keinen eitrigen Vaginalausfluss während des Versuches bedeutete. VA_4 war die Kategorie der stärksten äußerlichen Entzündungssymptomatik, bei der hochgradiger eitriger Vaginalausfluss bei mindestens einer Untersuchung registriert werden konnte.

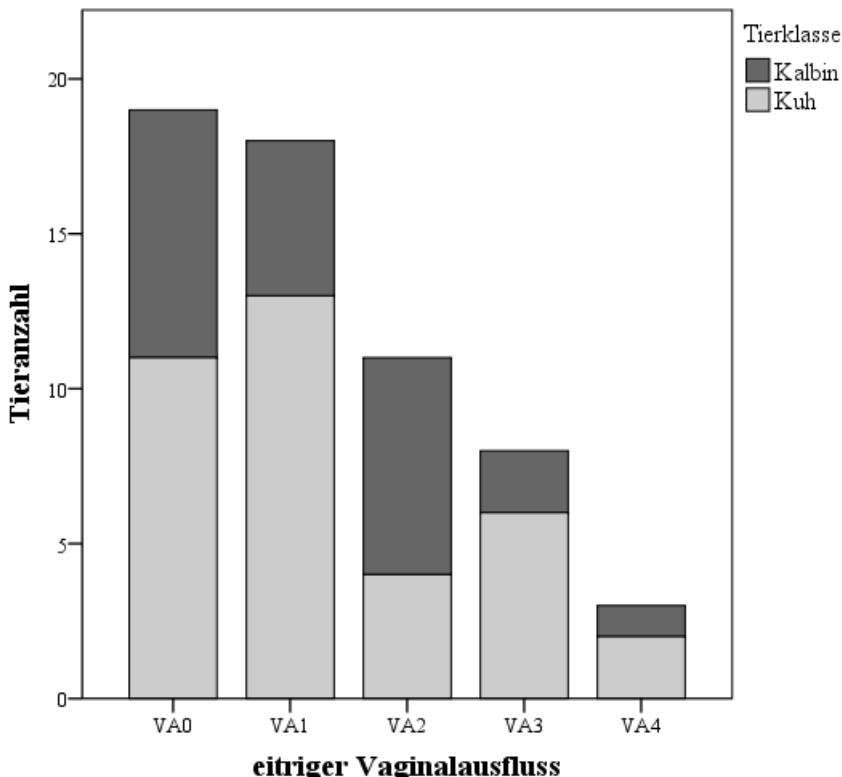


Abbildung 10: Eitriger Vaginalausfluss durch Einsatz des iVET[®] (n = 59)

VA_0 : kein eitriger Vaginalausfluss während des Versuches

VA_1 : ggr. eitriger Vaginalausfluss bei max. vier Untersuchungen

VA_2 : mgr. eitriger Vaginalausfluss bei max. einer Untersuchung oder ggr. eitriger Vaginalausfluss bei mind. fünf Untersuchungen

VA_3 : mgr. eitriger Vaginalausfluss bei mind. zwei Untersuchungen

VA_4 : hgr. eitriger Vaginalausfluss bei mind. einer Untersuchung

Bei 19 von 59 Tieren, bei denen das iVET[®] getestet wurde, konnte kein eitriger Vaginalausfluss beobachtet werden ($VA_0 = 32,2\%$). Wie aus Abbildung 10 ersichtlich, zeigten 18 Tiere bei maximal vier Untersuchungen geringgradigen eitrigen Ausfluss ($VA_1 = 30,5\%$). Elf weitere Versuchstiere wiesen mittelgradigen eitrigen Ausfluss bei maximal einer Untersuchung auf ($VA_2 = 18,6\%$). Mgr. eitrigen Ausfluss bei mindestens zwei Untersuchungen wiesen acht Versuchstiere auf ($VA_3 = 13,6\%$). Bei drei Tieren konnte einmal hgr. eitriger Ausfluss beobachtet werden ($VA_4 = 5,1\%$). Eine Tendenz des Grades an VA im Bezug auf die Tierklasse (multiparen Kühen vs. primipare Kalbinnen) konnte nicht gefunden werden (χ^2 ; $p > 0,05$). Abbildung 11 zeigt den

durchschnittlichen Grad an purulentem VA in den letzten sieben Tagen a. p.

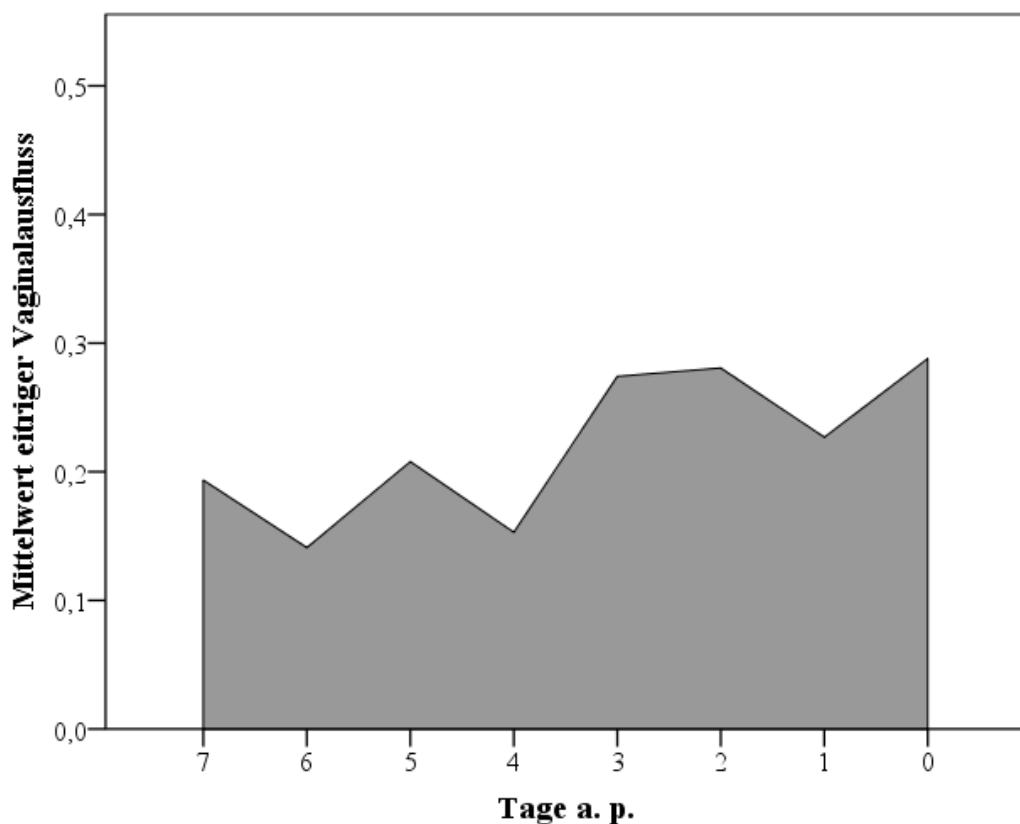


Abbildung 11: Durchschnittlicher eitriger Vaginalausfluss in den letzten sieben Tagen a. p.

Der Mittelwert wurde über alle Tiere im Versuch errechnet, wobei der Grad des eitrigen Vaginalausflusses mit

- 0 = kein eitriger Ausfluss
 - 1 = ggr. eitriger Ausfluss
 - 2 = mgr. eitriger Ausfluss
 - 3 = hgr. eitriger Ausfluss
- beurteilt wurde.

1.5. Wirkt sich die Anwendung der iVET[®]-Sender auf Fruchtbarkeitskennzahlen aus?

Die erhobenen Fruchtbarkeitskennzahlen unterschieden sich nicht signifikant von einer Kontrollgruppe aus Tieren, welche im selben Zeitraum ein Jahr zuvor abkalbten (vgl. Tabelle 11). Alle Kennzahlen mit Ausnahme der Rastzeit lagen geringfügig näher an der empfohlenen Zielgröße (DE KRUIF et al., 2013a), als die entsprechenden Kennzahlen der Kontrollgruppe. Im Zeitraum von bis sechs Monaten nach der Studie verließen 13 von 59 Tieren (22,0 %) den Zuchtbetrieb. Drei Tiere hiervon (23,1 %) verendeten oder mussten euthanasiert werden. In der Kontrollgruppe verließen 18 Tiere den Betrieb in einem vergleichbaren Zeitraum (22,5 %), wovon vier Tiere verendeten oder euthanasiert wurden (22,2 %).

Tabelle 11: Fruchtbarkeitskennzahlen bei Tieren mit und ohne iVET®-Einsatz

	Versuchstiere (n = 59)	Kontrollgruppe ¹ (n = 80)	Zielgröße ²
Ø Rastzeit	84,1 d	80,7 d	Ö 85 d
Ø Güstzeit	113,3 d	124,0 d	Ö 105 d
Ø Verzögerungszeit	31,9 d	50,3 d	Ö 18 d
Erstbesamungserfolg	44,2 %	33,3 %	× 50 %
Trächtigkeitsindex ³	1,86	2,46	Ö 1,7
Besamungsindex ³	2,36	2,98	Ö 1,9

¹ als Kontrollgruppe wurden 80 Tiere aus demselben Betrieb ausgewählt, welche im Zeitraum 01.03.2013 bis 31.10.2013 abkalbten und deren genetische Abstammung der Gruppe der Versuchstiere entsprach

² nach De Kruif et al. (2013a)

³ ermittelt über 305 d p. p.

Ø Durchschnitt über alle vorhandenen Werte

2. Untersuchung zur Geburtsvorhersage

Eine effektive Vorhersage des Geburtszeitpunktes sollte 24 h oder 12 h ante partum erfolgen. Das negative Ergebnis eines solchen Testes müsste also eine Geburt innerhalb von 24 h/12 h mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließen (negativer prädiktiver Wert, npW), ebenso wie ein positives Testergebnis eine Geburt innerhalb von 24 h/12 h erwarten ließe (positiver prädiktiver Wert, ppW).

Die ermittelten Werte bezüglich der rektalen Temperatur (T_R), des errechneten Parturition Score (PS) nach STREYL et al. (2011) und der im Blut gemessenen Progesteronkonzentration (P4) wurden daher retrospektiv in zeitliche Gruppen eingeteilt. In den meisten Fällen erfolgte die vorletzte Untersuchung (U_{24}) zwischen 24 h und 12 h ante partum und die letzte Untersuchung (U_{12}) innerhalb von 12 h vor der Geburt. Zur Auswertung dieser Werte wurden entsprechend der intention-to-treat-Analyse (siehe III.3.3), alle erhobenen Werte der in den Versuch aufgenommenen Tiere (n = 59) ausgewertet.

2.1. Messung des antepartalen Temperaturabfalls

2.1.1. Wie genau ist die Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 24 Stunden mit Hilfe von regelmäßigen Temperaturmessungen?

In der vorliegenden Studie fand zweimal täglich die Kontrolle der rektalen Körperinnentemperatur (T_R) der Versuchstiere statt. Die Durchführung der Vormittagsuntersuchung erfolgte durchschnittlich um 8:17 Uhr ($\pm = 0:48$ h). Die Nachmittagsuntersuchung fand gegen 17:55 Uhr ($\pm = 2:00$ h) statt. Aus diesen Werten konnte eine Temperaturdifferenz (T_D) zu der, am jeweiligen Vortag zur entsprechenden Zeit gemessenen T_R errechnet werden (vgl. III.3.1.3). Die retrospektive Auswertung dieser Werte machte die Entwicklung eines Tests zur Abschätzung einer möglichen Geburt innerhalb von 24 h mit einer Receiver-Operating-Characteristic-Kurve (ROC-Kurve) möglich.

Bezüglich einer 24 h-Geburtsvorhersage durch den Temperaturverlauf ergab die ROC-Analyse für das Verhältnis von Sensitivität und Spezifität einen optimalen Cut-Off Wert von 0,2. Ein Absinken der rektalen Temperatur um mindestens 0,2 °C kann als Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 24 h dienen. Bei einem Absinken von T_R um weniger als 0,2 °C oder einem Anstieg von T_R kann davon ausgegangen werden, dass in den folgenden 24 h keine Geburt stattfindet. Das Verhältnis von 1 ó Spezifität und Sensitivität wird in einer ROC-Kurve (Abbildung 12) dargestellt. Bei der Abbildung einer ROC-Kurve wird in der Regel die Falsch-Positiv-Rate (f_p) für die x-Achse verwendet. Da aber gilt

$$f_p = 1 - \text{Spezifität}$$

kann auf der x-Achse auch gleichsam 1 ó Spezifität abgelesen werden.

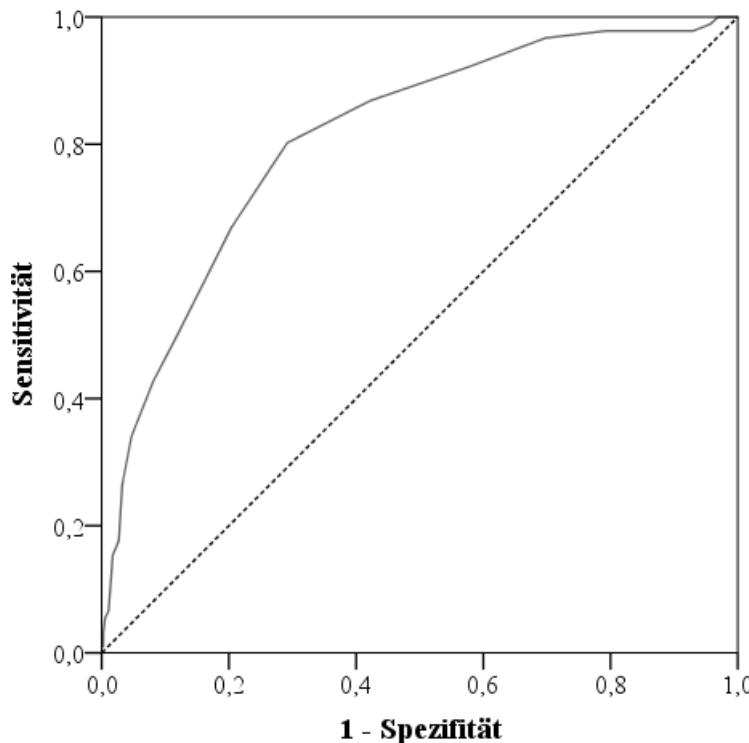


Abbildung 12: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h mittels Temperaturüberwachung

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität; diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,81

Positive Ergebnisse: 91

Negative Ergebnisse: 747

Tabelle 12: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C

Cut-Off -0,2 °C		unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Sensitivität:	80,22 %	70,89 %	87,11 %
Spezifität:	70,82 %	67,46 %	73,96 %
ppW:	25,09 %	20,45 %	30,37 %
npW:	96,71 %	94,86 %	97,91 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Mit dem festgelegten Cut-Off von -0,2 °C ergaben sich die in Tabelle 12 aufgeführten Werte für Sensitivität, Spezifität, sowie positiven und negativen Prädiktiven Wert.

Eine getrennte Betrachtung von multiparen Kühen und primiparen Kalbinnen führte zu ähnlichen Ergebnissen. Die AUC war bei multiparen Kühen etwas höher (0,84) und bei Kalbinnen (0,78) geringfügig niedriger. In beiden Fällen ergab die ROC-Analyse ebenfalls einen optimalen Cut-Off-Wert von 0,2 °C Temperaturabfall. In Tabelle 13 werden die entsprechenden Werte für einen Temperaturabfall von 0,2 °C mit Berücksichtigung der Tierklasse aufgelistet.

Tabelle 13: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Abfall der T_R um 0,2 °C

		Cut-Off -0,2 °C	unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Kalbinnen	Sensitivität:	75,61 %	60,66 %	86,18 %
	Spezifität:	69,30 %	64,01 %	74,13 %
	ppW:	24,22 %	17,62 %	32,32 %
	npW:	95,63 %	92,15 %	97,61 %
Kühe	Sensitivität:	84,00 %	71,49 %	91,66 %
	Spezifität:	71,93 %	67,50 %	75,96 %
	ppW:	25,77 %	19,67 %	32,98 %
	npW:	97,48 %	95,12 %	98,72 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

2.1.2. Kann mit regelmäßigen Temperaturmessungen eine Geburt innerhalb von 12 Stunden vorhergesagt werden?

Aus denselben Werten (vgl. 2.1.1) der gemessenen rektalen Körperinnentemperatur (T_R) konnte retrospektiv die Sensitivität und Spezifität eines Tests zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit einer Geburt innerhalb von 12 h nach erfolgter Temperaturmessung errechnet werden.

Auch für die 12 h-Geburtsvorhersage aus dem Temperaturverlauf ergab die ROC-Analyse für das Verhältnis von Sensitivität und Spezifität den gleichen optimalen Cut-Off Wert von 0,2 °C Temperaturabfall. Ein Absinken der Temperatur um mindestens 0,2 °C sprach also zu 12,7 % für das Eintreten einer Geburt innerhalb der folgenden 12 h (vgl. hierzu 2.1.1 und Tabelle 14).

Abbildung 13 zeigt das Verhältnis von 1 ó Spezifität und Sensitivität.

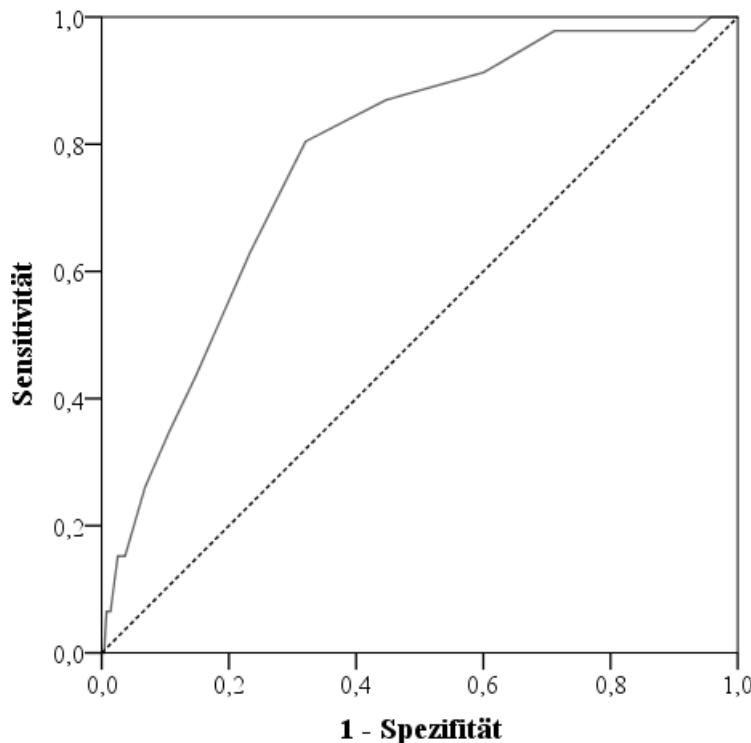


Abbildung 13: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h mittels Temperaturüberwachung

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität; diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,78

Positive Ergebnisse: 46

Negative Ergebnisse: 792

Tabelle 14: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C

Cut-Off -0,2 °C	95 %iges Konfidenzintervall	
	unteres	oberes
Sensitivität:	80,43 %	66,83 %
Spezifität:	67,93 %	71,09 %
ppW:	12,71 %	17,03 %
npW:	98,35 %	99,13 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Tabelle 15: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C unter Berücksichtigung von ausschließlich abendlicher Temperaturnessungen

Cut-Off -0,2 °C		unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Sensitivität:	90,43 %	71,09 %	97,35 %
Spezifität:	67,48 %	62,80 %	71,84 %
ppW:	12,50 %	8,15 %	18,70 %
npW:	99,28 %	97,42 %	99,80 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Tabelle 16: Häufigkeiten von Geburten in Abhängigkeit vom Abfall der Körperfenttemperatur um 0,2 °C bei einer abendlichen Messung

Temperaturdifferenz	Geburt innerhalb von 12 h (%)	keine Geburt innerhalb von 12 h (%)	Gesamt n (%)
Ö-0,2 °C	19 (4,42 %)	133 (30,93 %)	152 (35,35 %)
> -0,2 °C	2 (0,47 %)	276 (64,19 %)	278 (64,65 %)
Gesamt	21 (4,88 %)	409 (95,12 %)	430 (100 %)

Retrospektiv betrachtet, konnte eine Geburt in den folgenden zwölf Stunden nach einer abendlichen Temperaturnessung zu über 99 % ausgeschlossen werden, wenn kein Temperaturabfall von mindestens 0,2 °C stattfand (vgl. Tabelle 15). Tabelle 16 zeigt, dass lediglich bei 2 von 21 Tieren eine Geburt innerhalb von zwölf Stunden nach der Nachmittagsmessung stattfand, obwohl die Temperatur im Vergleich zu der Vortagesmessung nicht um mindestens 0,2 °C abgefallen war.

Tabelle 17: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Abfall der T_R um 0,2 °C

Cut-Off: -0,2 °C			unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Kalbinnen	Sensitivität:	73,91 %	53,53 %	87,45 %
	Spezifität:	66,77 %	61,55 %	71,60 %
	ppW:	13,28 %	8,46 %	20,24 %
	npW:	97,38 %	94,40 %	98,79 %
Kühe	Sensitivität:	71,43 %	52,94 %	84,75 %
	Spezifität:	68,43 %	64,01 %	72,54 %
	ppW:	12,27 %	8,08 %	18,19 %
	npW:	97,48 %	95,12 %	98,72 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Tabelle 17 zeigt die unterschiedlichen Testempfindlichkeiten einer Geburtsvorhersage (12 h) aufgrund eines Temperaturabfalls von 0,2 °C im Unterschied zwischen multiparen und primiparen Tieren, wobei sich die einzelnen Werte stark ähneln.

2.2. Geburtsvorhersage mittels Parturition Score

Die Ermittlung des Parturition Score (PS) nach STREYL et al. (2011) kann ebenfalls zur Vorhersage einer baldigen Geburt herangezogen werden. In dieser Studie wurde die Methodik geringfügig abgeändert, um eine detailliertere Beschreibung der Relaxation der Beckenbänder und der Füllung der Zitzen zu ermöglichen (vgl. III.3.1.3).

Die Erhebung des PS fand stets zeitgleich mit der Messung der T_R statt (siehe 2.1.1). Die statistische Auswertung der erhobenen Daten entsprach der Auswertung des Temperaturverlaufes (III.3.3). Da hierfür keine Differenz aus zwei Messungen bestimmt werden musste, konnten geringfügig mehr Daten ausgewertet werden (961 gegenüber 838 Daten bei der Messung einer Temperaturdifferenz).

2.2.1. Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 24 Stunden

Für eine 24 h-Vorhersage ergab die ROC-Analyse einen optimalen Cut-Off-Wert von 4,0. Wenn bei einer der regelmäßigen Untersuchungen der kombinierte Wert aus Zitzenfüllung und doppelt gewichteter Relaxation der Beckenbänder 4,0 oder mehr betrug, so kamen diese Tiere zu 29,75 % (vgl. Tabelle 18) innerhalb von 24 h in Geburt. Betrug der PS dementsprechend weniger als 4,0 so galt eine Geburt innerhalb von 24 h als unwahrscheinlich ($npW = 96,11\%$).

Das Verhältnis zwischen 1 - Spezifität und Sensitivität für unterschiedliche Cut-Off Werte wird in Abbildung 14 dargestellt.

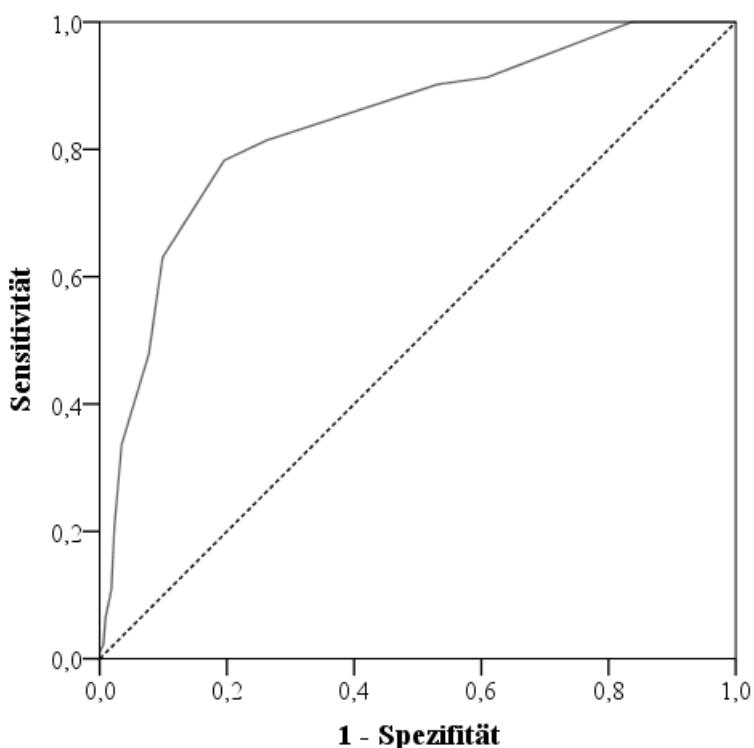


Abbildung 14: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h mittels Parturition Score nach STREYL et al. (2011)

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität, diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,84

Positive Ergebnisse: 92

Negative Ergebnisse: 869

Tabelle 18: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h bei einem Parturition Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,0

		unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Cut-Off: 4,0			
Sensitivität:	78,26 %	68,79 %	85,46 %
Spezifität:	80,44 %	77,46 %	82,78 %
ppW:	29,75 %	24,34 %	35,79 %
npW:	96,11 %	94,43 %	97,26 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Tabelle 19: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h bei einem Parturition Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,0

		unteres 95 %iges Konfidenzintervall	oberes 95 %iges Konfidenzintervall
Cut-Off: 4,0			
Kalbinnen	Sensitivität:	80,95 %	66,70 %
	Spezifität:	81,27 %	76,93 %
	ppW:	33,33 %	24,94 %
	npW:	97,36 %	94,88 %
Kühe	Sensitivität:	76,00 %	62,59 %
	Spezifität:	79,84 %	76,13 %
	ppW:	27,14 %	20,46 %
	npW:	97,12 %	95,03 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

In Tabelle 19 wird ersichtlich, dass die Test-Genauigkeit (Sensitivität und Spezifität) bei Kalbinnen etwas höher lag als bei Kühen. Ein Drittel aller Kalbinnen kam innerhalb von 24 h nach einem PS von mind. 4,0 in Geburt (ppW). Bei der Gruppe der multiparen Kühen betrug der Anteil nur 27,14 %. Der npW ähnelt sich in beiden Tiergruppen (ca. 97 %).

2.2.2. Vorhersage einer Geburt innerhalb der folgenden 12 Stunden

Es wurden dieselben Messwerte (vgl. 2.2.1) zur Ermittlung eines Cut-Off-Wertes einer innerhalb von 12 h zu erwartenden Geburt verwendet.

Die ROC-Analyse ergab für das Verhältnis von Spezifität und Sensitivität in diesem Fall allerdings einen optimalen Cut-Off Wert von 4,5.

Ein PS von mind. 4,0 sprach zwar für eine Geburt innerhalb von 24 h (vgl. 2.2.1), aber erst ein PS von mind. 4,5 ließ eine Geburt innerhalb von 12 h erwarten. Wie in Tabelle 20 ersichtlich betrug der ppW hierfür 23,61 %. Der npW dagegen lag mit 98,53 % deutlich über demjenigen, der für das 24 h-Intervall errechnet wurde (96,11 %; vgl. 2.2.1).

Abbildung 15 zeigt das Verhältnis von 1 - Spezifität und Sensitivität für unterschiedliche Cut-Off-Werte.

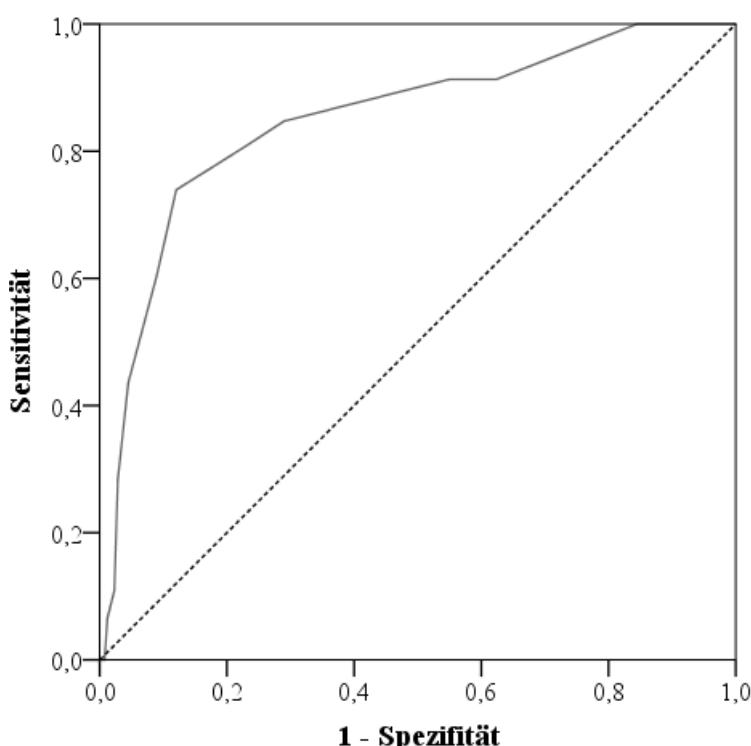


Abbildung 15: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h mittels Parturition Score nach STREYL et al. (2011)

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität; diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,85

Positive Ergebnisse: 46

Negative Ergebnisse: 915

Tabelle 20: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h bei einem PS von mindestens 4,5

Cut-Off: 4,5		unteres oberes 95 %iges Konfidenzintervall	
		unteres	oberes
Sensitivität:	73,91 %	59,74 %	84,40 %
Spezifität:	87,98 %	85,71 %	89,93 %
ppW:	23,61 %	17,42 %	31,18 %
npW:	98,53 %	97,45 %	99,16 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

Ebenso wie in 2.2.1, zeigt auch Tabelle 21 einen deutlich höheren ppW bei Kalbinnen. Auch die Werte von Sensitivität und Spezifität lagen bei Kalbinnen vergleichsweise höher.

Tabelle 21: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Parturition Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,5

Cut-Off: 4,5		unteres oberes 95 %iges Konfidenzintervall	
		unteres	oberes
Kalbinnen	Sensitivität:	78,26 %	58,10 % 90,34 %
	Spezifität*:	91,88 %	88,71 % 94,22 %
	ppW*:	36,73 %	24,66 % 50,73 %
	npW:	98,60 %	96,75 % 99,40 %
Kühe	Sensitivität:	69,57 %	49,13 % 94,40 %
	Spezifität*:	85,18 %	81,91 % 87,94 %
	ppW*:	16,84 %	10,64 % 25,62 %
	npW:	98,48 %	96,90 % 99,26 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

* signifikanter Unterschied zwischen Kalbinnen und Kühen (Fishers Exakt Test; $p < 0,01$)

2.3. Progesteronmessung im peripheren Blutplasma

Die Progesteronmessung im Blutplasma gilt als Goldstandard zur Vorhersage des Geburtstermins. Die Blutentnahme fand zeitgleich mit den Untersuchungen zum

PS und der Temperaturmessung statt (vgl. III.3.1.3 und III.3.2).

Die Ermittlung eines optimalen Cut-Off-Wertes der Progesteronkonzentration konnte vereinfacht werden, indem hierbei nicht unterschieden wurde, ob es sich bei den Versuchstieren um Kühe oder Kalbinnen handelte.

2.3.1. Wahrscheinlichkeit einer Geburt innerhalb von 24 Stunden

Als optimalen Grenzwert für die periphere Plasmaprogesteronkonzentration ergab sich aus der ROC-Kurve (vgl. Abbildung 16) ein Wert von 1,8 ng/ml. Es bestand also eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass eine Kuh in den folgenden 24 h abkalbte, sobald die im Plasma gemessene Progesteronkonzentration auf 1,8 ng/ml abfiel.

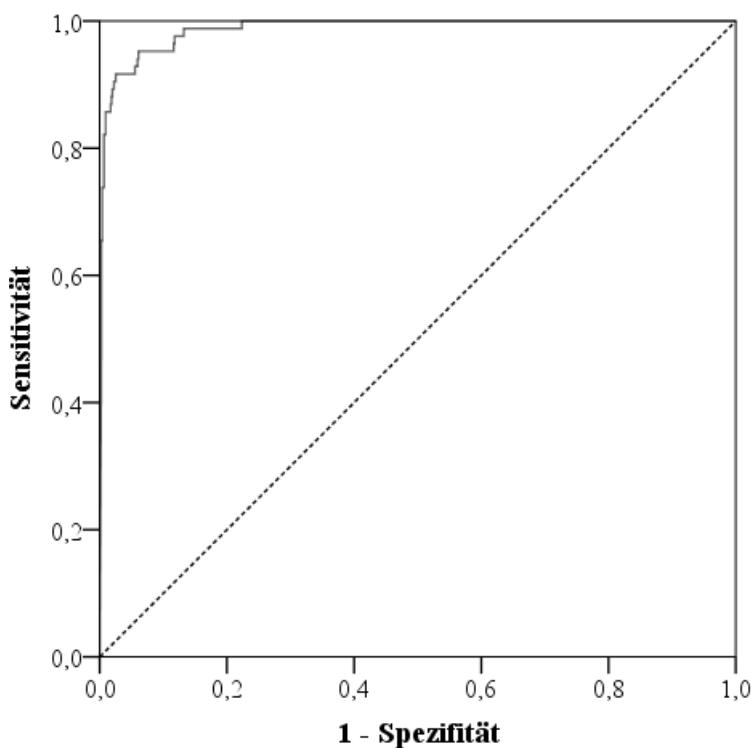


Abbildung 16: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h durch Messung der P4-Plasma-Konzentration

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität; diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,99

Positive Ergebnisse: 84

Negative Ergebnisse: 756

Besonders auffällig in Tabelle 22 ist der hohe ppW von 63,5 %. Bei Unterschreitung des Grenzwertes trat also in fast zwei Drittel aller Fälle eine Geburt innerhalb von 24 h ein.

Tabelle 22: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Abfall der P4-Konzentration im Plasma auf 1,8 ng/ml

Cut-Off: 1,8		unteres 95 %iges Konfidenzintervall	
		oberes	
Sensitivität:	95,24 %	88,39 %	98,13 %
Spezifität:	93,92 %	91,98 %	95,41 %
ppW:	63,49 %	54,80 %	71,38 %
npW:	99,44 %	98,57 %	99,78 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

2.3.2. Abschätzung einer wahrscheinlichen Geburt innerhalb von 12 Stunden

Die Berechnung eines Grenzwertes zur Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h wurde analog zu 2.3.1 durchgeführt. Hierzu wurde zusätzlich der aus der ROC-Kurve (vgl. Abbildung 17) errechnete optimale Cut-Off-Wert von 1,13 ng/ml zu 1,0 ng/ml vereinfacht. Die geringfügig bessere Spezifität, die hierdurch erreicht wird, führt allerdings zu einer schlechteren Sensitivität. ppW und npW bleiben annähernd gleich.

Zu über 99 % kann also eine Kalbung innerhalb von 12 h ausgeschlossen werden, wenn der Test negativ ($c_{P4} > 1,0 \text{ ng/ml}$) ausfällt (vgl. Tabelle 23).

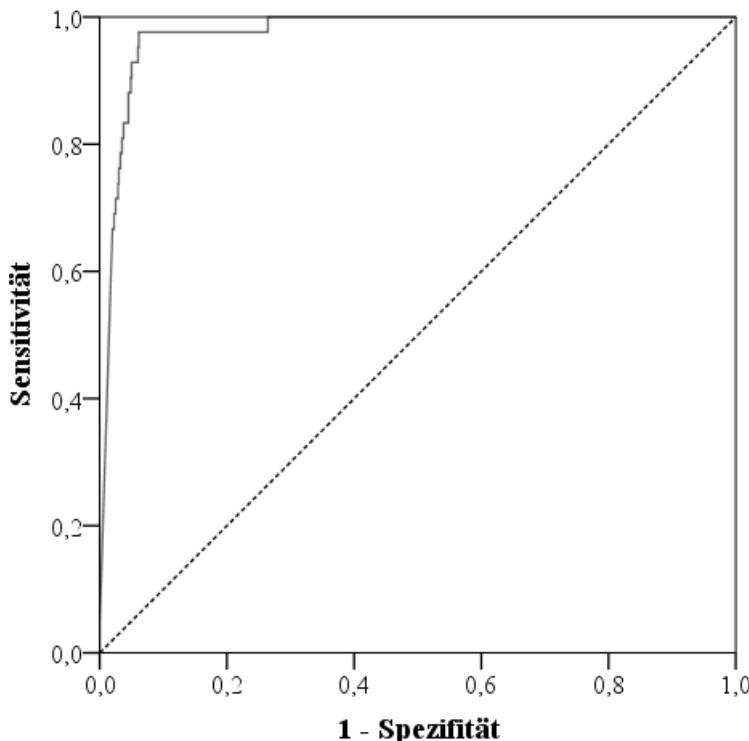


Abbildung 17: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h durch die P4-Plasma-Konzentration

Die ROC-Kurve (graue Linie) beschreibt die jeweilige Sensitivität für jede gegebene Spezifität; diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

Die Projektionslinie (gestrichelt) beschreibt einen Zufallstest (Nullhypothese).

AUC: Fläche unter der Kurve: 0,98

Positive Ergebnisse: 42

Negative Ergebnisse: 798

Tabelle 23: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Abfall der P4-Plasma-Konzentration auf 1,13 ng/ml

Cut-Off:	1,13	1,0	unteres 95 %iges Konfidenzintervall ¹	
	Sensitivität:	97,62 %	92,86 %	oberes 95 %iges Konfidenzintervall ¹
Spezifität:	93,86 %	94,24 %	91,97 %	95,32 %
ppW:	45,56 %	45,88 %	35,66 %	55,82 %
npW:	99,87 %	99,60 %	99,25 %	99,98 %

ppW: positiver prädiktiver Wert

npW: negativer prädiktiver Wert

¹errechnet für die Testeigenschaften bei einem Cut-Off-Wert von 1,0

2.4. Kombinationsmöglichkeiten von Methoden der Geburtsüberwachung und der Geburtsvorhersage

Auf Basis der oben errechneten Cut-Off-Werte zu den unterschiedlichen Systemen der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h wurde retrospektiv errechnet, welche der iVET[®]-Alarmierungen als tatsächlicher oder fehlerhafter Alarm eingestuft wären (vgl. Anhang Tabelle 27).

Tabelle 24: Anteil an Fehlalarmen und korrekten Geburtsmeldungen in Abhängigkeit von Temperaturmessungen innerhalb von 12 h vor der Alarmierung

	Cut-Off-Methode	Differenzierung mittels zweier Schwellenwerte				Gesamt
		ΔT Ö-0,2 °C	ΔT Ö-0,5 °C	ΔT -0,4 °C ó +0,1 °C	ΔT > +0,1 °C	
Alarmierung	ΔT Ö-0,2 °C	30	13	20	1	34
		69,8 %	72,2 %	48,8 %	10,0 %	49,3 %
Fehlalarm	ΔT Ö-0,2 °C	13	5	21	9	35
		30,2 %	27,8 %	51,2 %	90,0 %	50,7 %
Anzahl Messungen (ΔT)		43	18	38	15	69

T: Temperaturunterschied zur letzten Messung derselben Tageszeit (konnte bei 9 Fehlalarmen nicht errechnet werden, da es sich um die erste Messung zu dieser Tageszeit handelte). 11 weitere Alarne (davon 5 korrekte Geburtsmeldungen) konnten nicht berücksichtigt werden, da die letzte Temperaturmessung mehr als 12 h zurücklag.

Angegebene Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl an Geburtsmeldungen mit dem jeweils gemessenen ΔT.

Tabelle 25: Anteil an Fehlalarmen und korrekten Geburtsmeldungen in Abhängigkeit eines innerhalb von 12 h vor der Alarmierung erhobenen Parturition Score nach STREYL et al. (2011)

	PS × 4,5	PS < 4,5	Gesamt
Alarmierung	26	8	34
	83,9 %	17,0 %	43,6 %
Geburt	5	39	44
	16,1 %	83,0 %	56,4 %
Anzahl Messungen (PS)	31	47	78

PS: Parturition Score nach Streyl et al. (2011)

Angegebene Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl an Geburtsmeldungen mit dem jeweils gemessenen PS.

Wie in Tabelle 24 ersichtlich, konnte bei 30 von 34 Geburten (88,2 %) ein Temperaturabfall von mindestens 0,2 °C registriert werden. Gleichzeitig ist nur bei 13 von 35 Fehlalarmen (37,1 %) ein entsprechender Temperaturabfall gemessen worden. Es liegt dennoch nahe einen Cut-Off-Wert oder zwei Schwellenwerte bezogen auf die gemessene Temperaturdifferenz zur Validierung der Geburtsmeldung durch das iVET®-Geburtsüberwachungssystem zu verwenden.

Einen PS von mindestens 4,5 wurde nur bei 5 von 44 Fehlalarmen (11,4 %) gemessen (vgl. Tabelle 25). Allerdings erreichten auch nur 27 der 37 Tiere mit korrektem Geburtsalarm (76,5 %) einen PS von mindestens 4,5 Punkten.

V. DISKUSSION

In Deutschland muss bezüglich der Geburt von Kälbern von einer perinatalen Mortalität von etwa 10 % ausgegangen werden (GUNDELACH et al., 2009; HOEDEMAKER et al., 2010). Dies und zahlreiche peripartale Störungen beim Muttertier sind die unmittelbare Folge einer mangelhaften Geburtsüberwachung.

Nach eigenen Erfahrungen, im Gespräch mit Landwirten an der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim und in der ambulanten Praxistätigkeit wird eine gründliche Geburtsüberwachung selten durchgeführt. In den meisten landwirtschaftlichen Betrieben Bayerns finden demnach nur stichprobenartige Untersuchungen über den Erschlaffungsgrad der breiten Beckenbänder, Überprüfung der Schwanzspannung und visuelle Kontrolle der Eutervergrößerung statt. In vielen Betrieben kontrollieren Landwirte die trockenstehenden Kühe in der geburtsvorbereitenden Phase ausschließlich zu den Melkzeiten. Diese Eindrücke werden von anderen praktizierenden Tierärzten in Bayern geteilt.

Eine effektive Verbesserung dieser Situation kann in erster Linie durch eine Optimierung des Abkalbemanagements, insbesondere der Geburtsüberwachung, erreicht werden. In den letzten Jahren wurden auf diesem Gebiet einige technische Neuheiten entwickelt und praktikable Tests zur Ermittlung des Abkalbetermins etabliert. Trotzdem wird immer noch von einer steigenden Zahl an Kälberverlusten in der ersten Stunde p. p. ausgegangen (MEE, 2013). Im Jahre 2012 vergab die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) dem iVET®-Geburtsüberwachungssystem, einer weiteren technischen Neuentwicklung zur automatischen Geburtsüberwachung, die Neuheiten-Silbermedaille (DLG SERVICE GMBH, 2012).

Ziel der vorliegenden Studie war es, sowohl diesen neuen Geburtsmelder als auch unterschiedliche bekannte Methoden zur Geburtsvorhersage auf ihre Zuverlässigkeit zu untersuchen.

In Zusammenarbeit mit dem Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim der LMU München konnte das iVET®-Geburtsüberwachungssystem über acht Monate bei 59 Kühen ausgetestet werden. Gleichzeitig wurden bezüglich ihrer Vorhersagekraft der Parturition Score nach STREYL et al. (2011), die Messung der Körpertemperatur und die P4-Konzentration im Plasma retrospektiv geprüft.

1. Konzeptionelle Überlegungen

Wissenschaftliche Studien zur automatisierten Geburtsüberwachung bei Milchkühen sind kaum veröffentlicht. Lediglich PALOMBI et al. (2013) beschreiben in einer ausführlichen Studie die Anwendbarkeit des Prototyps eines automatisierten Geburtsmelders. Das in den letzten Jahren entwickelte iVET[®]-Geburtsüberwachungssystem wird dagegen lediglich in der landwirtschaftlichen Presse šTop Agrarö (LISTE, 2014) erwähnt. Im Rahmen der vorliegenden Studie sollten nun sowohl die Zuverlässigkeit dieses Systems bezüglich rechtzeitiger und korrekter Geburtsmeldung, als auch eventuelle negative Auswirkungen auf das Wohl des Tieres objektiv betrachtet werden. Zugleich werden unterschiedliche Methoden zur Geburtsvorhersage auf ihre Potenz als eine Alternative oder eine Kombinationsmöglichkeit mit der automatisierten Geburtsmeldung geprüft.

Der unter III.3.1 beschriebene Versuchsablauf gewährleistete sowohl eine möglichst lange Überwachung und damit statistisch auswertbare Daten, als auch eine geringe Belastung für das Muttertier. Aus diesem Grund wurde eine Zeitspanne von ± 7 d um den errechneten Geburtstermin als Überwachungszeitraum gewählt, so dass möglichst viele Geburten überwacht werden konnten.

Eine ausführliche Allgemeinuntersuchung war wichtig, um systemisch kranke Tiere frühzeitig erkennen und behandeln zu können. Hierdurch war gewährleistet, dass unerkannte Störfaktoren den Versuchsablauf nicht negativ beeinflussen konnten.

Nicht ausgewertet wurden in diesem Rahmen postpartale Auswirkungen auf das Muttertier. Hierbei sind fortdauernde Entzündungen des Vaginalbereichs (Vestibulitis, Vaginitis, etc.) ebenso denkbar, wie negative Einflüsse auf die physiologischen Puerperalabläufe (Retentio secundinarum o.ä.). Des Weiteren könnten in einer Folgestudie mögliche Auswirkungen lokaler Scheidenentzündungen auf die Kälbergesundheit geprüft werden. Hierfür wäre eine deutlich höhere Versuchstieranzahl notwendig.

2. Zuverlässigkeit und Praktikabilität der automatisierten Geburtsüberwachung durch das iVET®-System

Eine automatisierte Geburtsüberwachung sollte idealerweise keine zusätzliche Arbeit verursachen, aber absolut zuverlässig eine beginnende Geburt melden. Die Geburtsmeldung als solche sollte möglichst frühzeitig erfolgen, so dass ausreichend Zeit bleibt, das Tier zu untersuchen und bei Geburtsstörungen wie z. B. zu großen Früchten oder Unregelmäßigkeiten in Bezug auf Lage, Stellung und Haltung, korrigierend eingreifen zu können. Gerade wenn das Hinzuziehen eines Tierarztes notwendig wird, ist eine frühzeitige Alarmierung entscheidend. So wird das iVET®-Geburtsüberwachungssystem auch damit beworben, sicher und frühzeitig den Kalbebeginn zu melden und hierdurch Einsparung von Arbeitszeit zu ermöglichen (HASSELER, 2015).

Von den vier möglichen Überwachungsabläufen (vgl. Abbildung 4) ist sicherlich eine fehlende Alarmierung bei Beginn der Geburt das ungünstigste Versuchsergebnis für das Wohl von Kuh und Kalb (FN). Im einzigen in dieser Form aufgetretenen Fall (Tiernummer 030) wurde der Sender erst entfernt, nachdem bereits das Flotzmaul des Neonaten ausgetreten war (ca. 3 h nach dem Blasensprung). Der Sender selbst war zu diesem Zeitpunkt zwischen Frucht und Vestibularwand eingeklemmt. Glücklicherweise fand diese Geburt tagsüber statt und wurde vom Personal des Lehr- und Versuchsgutes bemerkt. Der Sender konnte durch mäßigen Zug entfernt werden, so dass es zu keinen bleibenden Schäden am Kalb oder am Muttertier kam.

Für das Hängenbleiben eines Senders bieten sich mehrere mögliche Erklärungen an, welche retrospektiv nicht weiter abgeklärt werden konnten: Bei primiparen Kühen besteht die Möglichkeit, dass sich einer der Halteflügel des iVET®-Senders am Hymenalring des Tieres einhängt. Intra partum könnte es sein, dass sich der Hymenalring zwar weitet oder einreißt, der iVET®-Sender aber weiterhin festhängt. Zudem wies die Kalbin 030 ein sehr schmales Becken auf ($TiTi_1 = 36 \text{ cm}$), was die Passage der Frucht, aber eventuell auch des Senders behinderte. Vermutlich ist einer dieser Faktoren für das Verbleiben des Senders im Tier verantwortlich. Dennoch ist es wichtig diese Beobachtung nicht außer Acht zu lassen. Die Tatsache, dass der Sender trotz des „Torwächter-Prinzips“ nicht in 100 % der Fälle zur Geburt hin rechtzeitig herausgeschoben wird, ist für

die Zuverlässigkeit des Systems von großer Bedeutung, auch wenn es sich in dieser Studie um einen Einzelfall handelte. Eine Frage, die sich hierdurch fast zwingend stellt, ist, seit wann sich ein solches Tier bereits in Geburt befand. Unter Umständen hätte die eigentliche Meldung schon einige Stunden früher erfolgen müssen. Besonders deutlich wird gerade bei diesem Beispiel eine Gefahr, die jede Automatisierung mit sich bringt: Die Tatsache, dass eine Geburtsüberwachung automatisch erfolgt, kann stets zur Folge haben, dass sich Landwirte daran gewöhnen und sich zunehmend zu sehr auf diese Technik verlassen. Einzelne Fehlfunktionen wie beim Tier 030 können dann unter Umständen schwerwiegende Schäden bei der Frucht und/oder dem Muttertier zur Folge haben.

Drei andere Tiere konnten nicht ausgewertet werden. Bei den Tieren 041 und 065 wurde der Sender ebenfalls manuell entfernt und auf diese Weise der Alarm ausgelöst, allerdings zu einem deutlich früheren Zeitpunkt: So waren bei Entnahme des Geburtsmelders die Fruchtblasen noch nicht gesprungen. Zudem hatten die Sender einige Zeit (29 min und ca. 10 h) zuvor bereits eine Geburtsalarmierung verschickt. Beide Sender reaktivierten sich innerhalb von einer Minute nach dem ersten Alarm erneut. Aufgrund dieser schlecht zuzuordnenden Ereignisse wurden die beiden Tiere nicht zur Auswertung der iVET®-Ergebnisse hinzugezogen. Tier 069 konnte ebenfalls nicht ausgewertet werden, da hierbei zwar ca. 10,5 h a. p. eine Geburtsalarmierung versendet worden war, die Kuh aber bei der klinischen Untersuchung noch keine Anzeichen für eine baldige Kalbung zeigte. Bis zur tatsächlichen Geburt konnte nicht rechtzeitig ein neuer Sender appliziert werden.

Im Falle einer Beendigung des Versuches sieben Tage nach errechnetem Geburtszeitpunkt (gemäß den Vorgaben des Tierschutzantrags III.2.3), erwies sich dies als ein für die Zuverlässigkeit positives Ergebnis (RN). Aufgrund der Tatsache, dass über den gesamten Versuchszeitraum maximal zwei Fehlalarme ausgelöst wurden, spricht dieser Beobachtungsverlauf für einen guten negativen prädiktiven Wert. Im täglichen Gebrauch würde der Sender vermutlich weiterhin bis zur Geburt im Tier verbleiben. Die lokalen Reizungen, die hierdurch entstehen könnten, werden weiter unten (siehe 2.4) diskutiert.

Die aufgetretenen Probleme zeigten sich am deutlichsten in der falsch-positiven Gruppe (FP): Fast ein Viertel (23,2 %) aller in den Versuch aufgenommenen

Tiere konnte auf Grund von drei Fehlalarmen nicht bis zur Geburt mittels iVET® überwacht werden. Ursachen und Konsequenzen dessen werden nachfolgend diskutiert.

2.1. Grenzen des iVET®-Systems

In der vorliegenden Studie arbeitete das iVET®-Geburtsüberwachungssystem bei Dreiviertel der ausgewerteten Tiere (42 von 56) korrekt. Als zufriedenstellende Funktionalität wurde definiert, wenn eine beginnende Geburt rechtzeitig gemeldet wurde (RP; n = 39) oder der Sender intravaginal verblieb, bis der festgelegte Versuchszeitraum beendet war, ohne dass das Tier in Geburt kam (RN; n = 3). In beiden Fällen wurden maximal zwei Fehlalarme toleriert. Zwei Fehlalarme pro überwachtes Tier sollte in einem solchen System als absolutes Maximum angesehen werden.

Über die gesamte Versuchphase gesehen war die Anzahl der Fehlalarme (n = 50) hoch. Die Tatsache, dass einerseits die meisten dieser fälschlich ausgelösten Alarme (77,1 %) Tieren der Gruppe FP zugeordnet werden konnte und andererseits sehr viele Tiere (n = 34) ohne einen einzigen Fehlalarm korrekt überwacht werden konnten, legt die Vermutung nahe, dass der Sender bei bestimmten Tiergruppen nicht zufriedenstellend funktioniert.

Die Parität der hochträchtigen Kühe ist ein naheliegender Faktor. So lag der Anteil an multiparen Kühen in der Gruppe FP (84,6 %) signifikant höher lag als in der Tiergruppe RP (51,3 %). Vergleicht man die einzelnen Fehlalarme bestätigt sich dieses Bild: Nur 22,0 % der 50 aufgetretenen Fehlalarme wurden von Kalbinnen ausgelöst. Dies lässt den Umkehrschluss zu, dass Kühe häufiger als Kalbinnen mittels iVET® nicht ausreichend überwacht werden können. Weitere potentielle Ursachen für Fehlalarme werden unter 2.2 diskutiert.

2.2. Ursachen für Anwendungsstörungen des iVET®-Systems

Hierbei sollen in erster Linie mögliche Gründe für die häufigen Fehlalarme des iVET®-Systems diskutiert werden (vgl. IV.1.1). Technische Mängel können als Grund ausgeschlossen werden, da sich nur bei 2 der 50 Fehlalarme der Sender zum Zeitpunkt der Kontrolle noch intravaginal befand. Nur diese beiden Meldungen könnten also auf einen technischen Gerätedefekt im engeren Sinne hinweisen. Es besteht keine Möglichkeit zu prüfen, ob die Sender in diesen Fällen tatsächlich ohne Lichtexposition einen Fehlalarm abgesendet hatten. Viel

wahrscheinlicher ist, dass auch in diesen beiden Fällen der Sender für einen kurzen Moment so weit vorgepresst wurde, dass der Lichtsensor reagierte.

Neben dem oben angesprochenen offensichtlichen Zusammenhang zwischen der Parität der Tiere und der Zuordnung zu den beiden Ergebniskategorien RP und FP wurden in der vorliegenden Studie die laterale Sitzbeinbreite, der BCS sowie der genetische Anteil der beiden Rassen Fleckvieh (FV) und Holstein-Friesian (HF) untersucht.

Ein Einfluss der inneren Beckenmaße auf die Ankerfunktion des Geburtsmelders wäre einleuchtend, da der intravaginale Halt des Senders entscheidend durch die zwischen Flügel und Schleimhaut wirkenden Reibungskräfte beeinflusst wird. Als gute Näherung für das Maß der inneren Beckenbreite wurde gemäß der Studie von HEUN (2008) die laterale Sitzbeinbreite ($TiTi_l$) verwendet. Die vorliegende Studie ergab jedoch keinen Zusammenhang zwischen einer großen $TiTi_l$ und der Einordnung in die Gruppe FP (vgl. IV.1.2.1). Genaue Ergebnisse könnten eventuell durch eine vaginale/rektale Messung der inneren Beckenbreite (RICE & WILTBANK, 1972; SCHLOTE et al., 1978) oder durch entsprechende bildgebende Verfahren wie Röntgen (Becken im dorsoventralen Strahlengang) gewonnen werden.

Die Auswertung der Daten bezüglich BCS der untersuchten Kühe erbrachte dagegen ein deutliches Ergebnis. Die ermittelten BCS-Werte der Ergebniskategorie FP liegen signifikant höher als diejenigen der RP-Tiere (vgl. IV.1.2.2). Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist, dass Tiere mit einem hohen BCS tendenziell mehr Fett im Bereich des weichen Geburtsweges anlagern. Dieses Fettdepot könnte den intravaginalen Halt des Senders negativ beeinflussen und dazu führen, dass der Sender öfters herausgepresst wird. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die vorliegende Studie in einer Kreuzungsherde durchgeführt wurde. Der BCS konnte daher nicht rassespezifisch bestimmt werden, da es nicht möglich war, die teilweise geringen Unterschiede im genetischen Anteil der beiden Rassen zu berücksichtigen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass der Anteil der Zweinutzungsrasse Fleckvieh deutlich mit dem BCS korreliert. FV-Tiere wiesen dabei hochsignifikant höhere BCS-Werte auf als HF-Tiere (vgl. Tabelle 8 und IV.1.2.2). Der Zusammenhang zwischen vorzeitig abgebrochene Geburtsüberwachungen (FP) durch dreimaliges Herausfallen des Geburtsmelders und hohem BCS kann also auch Rasse-bedingt sein.

Das wichtigste und eindeutigste Ergebnis trat tatsächlich bei der Untersuchung des Rasseanteils der Tiere auf. Ein signifikant höherer genetischer Anteil der Rasse HF in der Ergebniskategorie RP lässt den Schluss zu, dass Kühe umso eher erfolgreich überwacht werden können, umso größer der genetische Anteil dieser Rasse ist. Bestätigt wird dies durch die Tatsache, dass von allen Versuchstieren, deren genetische Abstammung lediglich auf die beiden Rassen HF und FV zurückzuführen war, kein Tier mit mindestens 66 % HF-Anteil als falsch-positiv kategorisiert werden musste. Die einzige Ausnahme hierzu stellte eine Kuh (054) mit den genetischen Anteilen von 75,0 % HF, 12,5 % FV und 12,5 % Braunvieh dar, welche mit drei Fehlalarmen zu der Ergebniskategorie FP gezählt werden musste. Zudem wurden bei diesem Tier eine deutliche Pneumovagina und ein mangelhafter Vaginalschluss festgestellt. Vermutlich kann das wiederholte Herauspressen des Geburtsmelders damit erklärt werden. In zwei weiteren Fällen (Tier-Nr. 040 und 070 mit jeweils 37,5 % HF und 62,5 % FV) können die aufgetretenen Fehlalarme auf einen intermittierenden Vaginalprolaps zurückgeführt werden. Da bei keinem anderen Tier der vorliegenden Studie eine Pneumovagina oder ein Vaginalprolaps beobachtet wurde, kann folglich angenommen werden, dass bei Tieren welche zu diesen Problemen neigen, die automatische Geburtsüberwachung mit dem iVET[®]-System nicht oder nur schlecht funktioniert.

2.3. Mehrbelastung statt Arbeitserleichterung?

Nur eine falsch-negative Meldung und, auf der anderen Seite, viele falsch positive Geburtsmeldungen führen zu den in Tabelle 7 dargestellten Testeigenschaften: Eine Sensitivität von 97,5 % stellt für ein Geburtsüberwachungssystem einen guten Wert dar. Im Gegensatz dazu weist der schlechte positive prädiktive Wert von 43,8 % auf eine erhöhte Arbeitsbelastung durch Fehlalarme hin, da bei jeder Alarmierung das jeweilige Tier kontrolliert werden muss.

Neben einer hohen Sicherheit sollte ein Geburtsüberwachungssystem auch Arbeitserleichterung erbringen. Ziel eines solchen Systems ist es, vor allem nächtliche Kontrollen hochtragender Tiere zu erübrigen, für die inklusive An- und Ablegen der Stallkleidung mindestens 20 min Zeitaufwand gerechnet werden müssen. Bei einer zweimaligen nächtlichen Kontrolle über durchschnittlich drei Tage fallen damit ca. 120 min ($\cong 2$ h) zusätzliche Arbeitszeit an. Andererseits kann bei einer Herdengröße, wie sie bei der vorliegenden Studie gegeben war,

damit gerechnet werden, dass im Durchschnitt jeden zweiten Tag eine Geburt stattfindet. Daher können in etwa 50 % der Fälle zwei Tiere gleichzeitig kontrolliert werden, wodurch sich die Arbeitszeit pro Tier auf 80 min verringert.

Andererseits muss für die intravaginale Eingabe eines iVET®-Senders ebenfalls ca. 20 min (geübtes Personal, zwei Personen) veranschlagt werden. Dies bedeutet, dass bei jedem Fehlalarm mindestens 40 min Zeitverlust entstehen (Gang in den Stall und erneute Eingabe des Senders). Hieraus errechnen sich bei 50 Fehlalarmen in der vorliegenden Studie von 56 Tieren etwa 2.000 min Mehrbelastung ($\approx 33,3$ h). Dies bedeutet eine Mehrbelastung von ca. 36 min pro Kuh durch falsche Alarmierungen. Verglichen mit den 80 min, welche bei regulären nächtlichen Kontrollgängen anfallen, stellt das iVET®-Geburtsmeldesystem eine gewisse Erleichterung bei einer umfassenden Geburtsüberwachung dar. Problematisch bleibt jedoch der immer noch große zeitliche Aufwand, wenn Kontrollen in der Nacht stattfinden müssen. In der Zeit zwischen 22:00 Uhr und 7:00 Uhr wird vermutlich in den meisten landwirtschaftlichen Betrieben keine oder nur wenig Geburtsüberwachung durchgeführt. Da allerdings fast die Hälfte ($n = 20$) der Fehlalarme gerade in dieser Zeit auftrat, entstand hierdurch eine deutliche nächtliche Mehrbelastung.

Mit der Möglichkeit zur Reaktivierung der Sender werden zumindest einige fälschliche Alarne abgefangen. Wenn der Lichtsensor kurze Zeit nach der Aktivierung erneut kein Licht empfängt kann sich so der Sender wieder aktivieren und startet eine weitere Überwachung des Tieres (vgl. III.1.1.1.3). Von den insgesamt 18 in der vorliegenden Studie aufgetretenen Reaktivierungen kam es nach vier Reaktivierungsmeldungen zu einer längeren weiteren Überwachung (> 12 h), was eine eindeutige Zeitersparnis bedeutet. Die Hälfte der Reaktivierungsmeldungen ($n = 9$) wurden unmittelbar vor der Geburt versendet. Die endgültige richtig positive Geburtsmeldung erfolgte innerhalb weniger Minuten.

Eine wirklich effektive Senkung der Arbeitsbelastung kann aber erst erreicht werden, wenn entweder durch Systemoptimierung die Zahl der Fehlalarme reduziert werden kann oder die automatische Geburtsüberwachung mit Hilfe eines zusätzlichen Systems kombiniert wird.

2.4. Muss auf Grund des aufgetretenen eitrigen Vaginalausflusses mit Fruchtbarkeitsproblemen gerechnet werden?

Analog zu in der Literatur bereits bekannten Problemen beim intravaginalen Verbleib von Progesteron-Spiralen, wurde Qualität und Quantität des vaginalen Ausflusses während der Studie untersucht. Ein ähnlich langer intravaginaler Verbleib der PRID®-Spirale verursacht bei knapp 50 % der Tiere Symptome einer Vaginitis (VILLARROEL et al., 2004). CHENAULT et al. (2003) stellten bei 67 % ihrer Versuchstiere zumindest eine rauchige Trübung des Vaginalsekrets fest, obwohl bei diesen Tieren die Progesteron-abgebende Vaginalspange CIDR® bereits nach sieben Tage entfernt wird. Zwar konnten die Autoren eine reduzierte Konzeptionsrate bei hochgradigen Störungen der Vaginalschleimhaut nachweisen, zeigten aber auch, dass diese Reizungen in den meisten Fällen nur geringgradig ausgeprägt sind und selbstlimitierend heilen. VON KRUEGER und HEUWIESER (2011) konnten keinen Zusammenhang zwischen den Trächtigkeitsergebnissen und einer vaginalen Irritation (91,9 % der Tiere) durch die Anwendung der CIDR®-Vaginalspange herstellen.

In der vorliegenden Studie wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. Über zwei Drittel (67,8 %) der Versuchstiere zeigten zumindest geringgradig eitrigen Vaginalausfluss bei mindestens einer Untersuchung (siehe IV.1.4). Der iVET®-Sender befindet sich aber, im Gegensatz zu oben angesprochenen Progesteronapplikatoren immer zu einem Teil extravaginal, so dass ein physiologischer Schluss der Schamlippen nicht mehr gewährleistet ist. Die Gefahr eines Keimtransports entlang des Senders ist nicht zu unterschätzen, da es oftmals zu fäkalen Verunreinigungen des Senders kommt. Dies erklärt vermutlich, dass elf Tiere bei mehreren Untersuchungen mittelgradigen oder sogar hochgradigen eitrigen Vaginalausfluss aufwiesen.

In den letzten sieben Tagen vor der Geburt war der Grad des eitrigen Vaginalausflusses annähernd konstant. So konnte 24 h a. p. noch bei 17 Tieren (28,8 %) eitriges Vaginalausfluss beobachtet werden und neun Tiere zeigten selbst 12 h a. p. mindestens ggr. eitriges Vaginalausfluss. Bei Tier 030, welches als einziges Tier der Ergebnisgruppe FN zugeordnet wurde, konnte selbst wenige Stunden vor der Geburt noch hochgradig eitriges Vaginalausfluss beobachtet werden. Da die Gefahr einer Keimverschleppung in den Uterus während der Geburt stark ansteigt, sind gerade die Tiere, welche selbst am Tag der Geburt

noch eitrigen Ausfluss zeigen besonders gefährdet.

Die Auswertung der Fruchtbarkeitskennzahlen bei den Tieren dieser Studie wies zwar einerseits eine deutliche Abweichung von empfohlenen Zielgrößen auf, unterschied sich aber andererseits nicht signifikant von Kennzahlen einer ähnlich zusammengesetzten Kontrollgruppe aus dem Vergleichszeitraum im Vorjahr. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Anwendung des iVET®-Senders trotz eines vermehrt auftretenden eitrigen Vaginalausflusses keinen negativen Effekt auf die nachfolgende Fruchtbarkeit hat. Dies bestätigt ähnliche Ergebnisse bei progesteronabgebenden Vaginalapplikatoren (VON KRUEGER & HEUWIESER, 2011).

Schäden an der Frucht oder hieraus resultierende peripartale Krankheiten am Muttertier, wie z. B. Metritiden/Endometritiden waren auf Grund zu geringer Fallzahlen nicht nachzuweisen. In weiterführenden Studien mit größeren Tiergruppen könnte dies genauer untersucht werden.

3. Chancen der Kombination von Geburtsvorhersage mit dem automatischen Geburtsmeldesystem

Ein gutes System zur Geburtsvorhersage sollte mit einem hohen negativen prädiktiven Wert (npW) bestechen. Bedenkenswert hierbei ist eher die Tatsache, dass bei einer Vorhersage niemals ein exakter Zeitpunkt angegeben werden kann und dass ein tendenziell schlechter positiver prädiktiver Wert (ppW) oftmals fälschlicherweise eine Geburt erwarten lässt, die aber erst zu einem späteren Zeitpunkt eintritt. Ein Geburtsmelder dagegen gibt stets den exakten Zeitpunkt einer Geburt oder eines Geburtsbeginns an.

Eine Kombination aus beiden Ansätzen könnte also die in der vorliegenden Studie aufgetretene Arbeitsmehrbelastung auf Grund von Fehlalarmen des iVET®-Geburtsüberwachungssystem reduzieren. Anders als bei herkömmlichen Geburtsvorhersagen kann die Geburt direkt angezeigt werden. In der vorliegenden Studie wurden hierzu Geburtsvorhersage-Möglichkeiten geprüft, die eine Geburt 12 h oder 24 h im Voraus vorhersagen oder ausschließen.

Die Chancen der Kombination des iVET®-Systems mit dem Parturition Score (PS) nach STREYL et al. (2011), einer regelmäßigen Temperaturmessung und der Bestimmung der Progesteronkonzentration (P4) werden im Folgenden diskutiert.

Besonderes Augenmerk sollte hierbei auf eine einmal tägliche abendliche Datenerhebung gelegt werden. Bei nur geringem Mehraufwand werden so zusätzliche Informationen gewonnen, die klären, ob eine nächtliche Alarmierung durch den automatischen Geburtsmelder tatsächlich eine Geburt bedeuten kann. In der Folge könnte dann bei ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit für einen Fehlalarm von der Kontrolle des Tieres abgesehen werden.

3.1. Bestimmung von Progesteron (P4)

Als Goldstandard für die Vorhersage einer bald eintretenden Geburt gilt seit langem die Progesteronmessung im Blut (GOMES & ERB, 1965; PARKER, 1988; KORNMATITSUK et al., 2003). Im Gegensatz zur Östrogen-Bestimmung weißt die P4-basierte Geburtsvorhersage eine hohe Sensitivität und Spezifität auf (MATSAS et al., 1992; SHAH et al., 2006). Dies konnte in der vorliegenden Studie bestätigt werden. Die ROC-Kurven ergaben für eine Geburtsvorhersage innerhalb der folgenden 12 h und 24 h eine AUC von 0,98 und 0,99 (vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17), was für hervorragende Testeigenschaften spricht. Auch der zur besseren Handhabung vereinfachte Cut-Off-Wert von 1,0 ng/ml ergab bei Vorhersage einer Geburt in 12 h noch eine sehr hohe Sensitivität (92,9 %) und Spezifität (94,2 %).

Mit einer Messung der P4-Konzentration im Blutplasma kann also sehr zuverlässig eine Geburt ausgeschlossen werden ($npW > 99\%$). Eine Kombination mit einem automatischen Geburtsmeldesystem wäre also in der Theorie hervorragend, würde aber einen großen Arbeitsmehraufwand und hohe Kosten durch frequente Blutentnahmen und entsprechende Analysen bedeuten. Vermutlich bleibt diese Methodik also weiterhin großen Kliniken und Einzelfällen vorbehalten.

Neben Progesteron sind bei einigen weiteren Hormonen typische Konzentrationsverläufe a. p. bekannt (vgl. II.1.2). Lediglich der Östrogenverlauf (E₁S und E₂) wurde von SHAH et al. (2006) bisher auf eine Möglichkeit zur Geburtsvorhersage untersucht. Die Genauigkeit der Aussage zum Geburtszeitpunkt mittels P4-Untersuchung konnte aber nicht erreicht werden. Weitere Tests mit anderen Hormonprofilen sind derzeit nicht bekannt. Die oben angesprochenen Nachteile von Blutentnahmen gelten für die Untersuchung aller endokrinologischen Veränderungen.

3.2. Anwendung des Parturition Score

Deutlich einfacher in der Handhabung ist die Durchführung des Parturition Score (PS) nach STREYL et al. (2011). Um eine höhere Aussagekraft zu erhalten, fassten die Autoren hierzu die schon seit langem bekannten klinischen Parameter der „Erschlaffenden Beckenbänder“ (BB) und „zunehmenden Zitzenfüllung“ (ZF) zusammen. Die dabei errechnete AUC = 0,835 (bei doppelt gewichteten BB) konnte in der vorliegenden Studie mit einer AUC = 0,85 sogar übertroffen werden (vgl. IV.2.2). Dies könnte ein Ergebnis der modifizierten und damit genaueren Abstufung in 0,5-Score-Punkten sein (vgl. III.3.1.3). Aus dieser modifizierten Version des PS ergab sich auch der leicht abgewandelte Cut-Off-Wert von 4,5 Score-Punkten, welcher für eine Geburt in den folgenden 12 h sprach (vgl. IV.2.2.2). Anders als in der Studie von STREYL et al. (2011) waren die Testeigenschaften in der vorliegenden Studie bei Kühen etwas schlechter als bei Kalbinnen. Dies galt sowohl für die 12 h-Vorhersage als auch für die 24 h-Vorhersage einer Geburt.

Die Auswertung der ausschließlich nachmittäglichen Tierbewertungen ergab bei Verwendung desselben Cut-Off-Wertes sehr ähnliche und sogar etwas höhere Werte für Spezifität und negativen prädiktiven Wert. Da hierzu ohne vormittägliche Messungen weniger Daten verwendet werden konnten, ist das 95%ige Konfidenzintervall deutlich breiter ausgefallen.

Bei einer Kombination dieser Geburtsvorhersagemethode mit der angewandten automatisierten Geburtsmeldung hätten lediglich rund 16 % der Fehlalarme kontrolliert werden müssen, da nur bei diesen Alarmierungen der innerhalb von 12 h zuvor gemessene PS 4,5 oder mehr betrug. Andererseits wären acht regulär gemeldete Geburten übersehen worden, da auch hier der PS in den letzten 12 h zuvor unter 4,5 lag (vgl. IV.2.4 und Tabelle 25).

Auch eine Modifikation des Cut-Off-Wertes ist wenig sinnvoll, da vier Kühe bereits mit einem PS von 2 in Geburt kamen, bei mehr als der Hälfte der Fehlalarme dagegen in der vorangegangenen Messung ein PS von mind. 2 gemessen wurde (vgl. Anhang Tabelle 27).

Die einfache Handhabung und gute Aussagekraft des Parturition Score konnte bestätigt werden. Gleichzeitig erscheint es derzeit aber schwierig, diese Methodik mit dem iVET®-Geburtsüberwachungssystem zu kombinieren, da die jeweiligen

Schwächen nicht effektiv ausgeglichen werden können.

3.3. Regelmäßige Temperaturmessungen

Das regelmäßige Auftreten eines Temperaturabfalls unmittelbar vor der Geburt ist gut belegt (GRAF & PETERSEN, 1953; DUFTY, 1971; LAMMOGLIA et al., 1997), wird aber in der Literatur als Methode zur Geburtsvorhersage recht unterschiedlich bewertet. Einige Autoren lehnen die Vorhersage einer Geburt mittels regelmäßiger Temperaturmessungen ab, da die Temperatur beim Einzeltier und im Tagesrhythmus stark schwankt (DUFTY, 1971; REXHA, 1993). Währenddessen bewerten andere Autoren diese Methodik bei zwei- bis dreimaliger täglicher Messung als durchaus nützlich für eine Geburtsterminierung (BIRGEL et al., 1994; AOKI et al., 2005).

Um den circadianen Effekt zu verringern, wurden in der vorliegenden Studie ausschließlich Temperaturwerte miteinander verglichen, die zur gleichen Tageszeit gemessen wurden. Der von DUFTY et al. (1971) beschriebene Temperaturabfall konnte bei einem Teil (27,1 %) der Beobachtungstiere bestätigt werden. Insgesamt fiel die Temperatur aber bei 67,8 % aller Tiere in den letzten 12 h a. p. ab. Eine Geburtsvorhersage wäre somit möglich gewesen. Der hierfür ermittelte optimale Cut-Off-Wert liegt bei einem Temperaturabfall von mindestens 0,2 °C innerhalb von 24 h. Aufgrund der sehr kleinen Differenz ergibt sich ein mäßiger positiver prädiktiver Wert (ppW) von etwa 25 % bei der Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h. Bei einer genaueren Aussage (Geburt innerhalb von 12 h) verschlechtert sich dieser Wert sogar auf knapp 13 %. Für ein Testverfahren, welches über einen längeren Zeitraum angewendet wird, ist ein schlechter ppW ein bekanntes Problem, da dieselbe Fragestellung bei jeder Messung erneut gestellt wird. Wichtiger als ein guter ppW ist hierfür also der Ausschluss eines positiven Testergebnisses (npW). Mit der Messung einer Temperaturveränderung kann aufgrund eines negativen prädiktiven Wertes von rund 97 % bei einem ausbleibenden Temperaturabfall relativ sicher eine Geburt ausgeschlossen werden. Dieses Potential würde sich gut eignen, um einen großen Anteil der vielen Fehlalarme des iVET®-Systems bereits im Vorfeld als unwahrscheinliche Geburt auszuweisen. In der vorliegenden Studie lag bei 35 Fehlalarmen die letzte Untersuchung, in der bereits eine Temperaturdifferenz errechnet werden konnte, maximal 12 h zurück. Bei gut 60 % ($n = 22$) hätte mit Blick auf die Temperaturveränderung der ausgelöste Fehlalarm verhindert werden

können. Auf der anderen Seite wäre bei immerhin vier Kühen, deren Geburt mit Hilfe des Geburtsmelders erfolgreich gemeldet wurde, diese Meldung auf dieselbe Art außer Kraft gesetzt worden. Effektiver wäre eine weitere Differenzierung, die einen Alarm als „vermutlich korrekt“, „unsicher“ und „vermutlich fehlerhaft“ bezeichnet. Als Grenzwerte hierfür könnten Temperaturdifferenzen von $\text{Ö}-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (für *vermutlich korrekt*) und $>+0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (für *vermutlich fehlerhaft*) gewählt werden. Retrospektiv betrachtet hätte bei dieser Handhabung in der vorliegenden Studie bei 72,2 % aller Meldungen der Kategorie *vermutlich korrekt* tatsächlich eine Geburt stattgefunden ($n = 13$). Nur 10,0 % ($n = 1$) der Meldungen *vermutlich fehlerhaft* hätten sich dagegen ebenfalls als Geburten herausgestellt. Bei einer *unsicher*-Meldung wäre der Alarm zu 51,2 % ($n = 21$) ein Fehlalarm gewesen (vgl. Tabelle 24 und IX. Anhang Tabelle 27).

Durch eine Kombination des iVET[®]-Geburtsmeldesystems mit einer abendlichen Temperaturmessung zur Abschätzung der Geburtswahrscheinlichkeit könnte die Benutzerfreundlichkeit des Systems somit deutlich erhöht werden. Gerade bei häufigen nächtlichen Fehlalarmierungen steigt sicherlich die Frustration und sinkt das Vertrauen in einen automatischen Abkalbemelder. Eine Reduzierung der Fehlalarmierungen um 50 % wäre vermutlich ausreichend, um diesem Problem entgegenzuwirken. Zudem ist eine abendliche Temperaturmessung ohne deutlichen Mehraufwand zu bewerkstelligen und erhöht die Chance, Dystokien vorzeitig zu erkennen.

Deutlich einfacher für den Nutzer wäre allerdings eine Integration dieser ohnehin erhobenen Daten in das Geburtsmeldesystem. So findet eine Temperaturmessung durch den iVET[®]-Sender bei aktuellen Modellen bereits statt. Eine künftige iVET[®]-Generation könnte etwa als Geburtsmeldung einen folgenden Satz verschicken: „iVET meldet eine Geburt; Geburtswahrscheinlichkeit wird als hoch eingestuft; Temperaturabfall um $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in den letzten 24 h“

Die Einschätzung einer Alarmierung als Fehlalarm, könnte nach Ermittlung des Temperaturverlaufes in jedem Fall wesentlich sicherer erfolgen. Vor allem im Bezug auf nächtliche Alarmierungen würde dies den Arbeitsaufwand, der durch die Verwendung des iVET[®]-Geburtsüberwachungssystems entsteht, stark reduzieren.

4. Empfehlungen für die Praxis und zukünftige Entwicklungsziele

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann eine ausschließliche Geburtsüberwachung mit Hilfe des iVET®-Geburtsmeldesystems nur rassespezifisch ausgesprochen werden. Zu viele falsche-positive Geburtsmeldungen führten in der vorliegenden Studie dazu, dass ein großer arbeitstechnischer Mehraufwand entstand und im Endeffekt viele Kühe nicht mit iVET® überwacht werden konnten. Andererseits wird deutlich, dass das iVET®-System bei Rindern ó und insbesondere bei Kalbinnen ó der Rasse Deutsch-Holstein als praktisches Hilfsmittel mit Erfolg zur Geburtsüberwachung eingesetzt werden kann. Mittels durchgängiger Überwachung mit dem iVET®-System kann bei diesen Tieren eine sehr zuverlässige Geburtsüberwachung bei relativ seltenen Fehlalarmen das Abkalbemanagement deutlich verbessern. Die recht hohen Anschaffungskosten könnten durch die erheblich reduzierte Arbeitszeit und die geringeren Kälberverluste ausgeglichen werden.

Bei Rindern der Rasse Fleckvieh dagegen ist dieser automatisierte Geburtsmelder weniger zu empfehlen, da es hierbei zu einer starken Arbeitsbelastung durch die vermehrt auftretenden Fehlalarme kommen kann. Zwar liegt die effektive Arbeitszeit immer noch unter der Zeit, die für regelmäßige Kontrollgänge aufgebracht werden müsste, die Gefahr einer allmählichen Frustration durch die ständigen Fehlalarme wäre aber groß. Im schlimmsten Fall würde einer nächtlichen Alarmierung kein Glauben mehr geschenkt, so dass der Geburtsmelder seinen eigentlichen Sinn verliert. Eine Kombination mit herkömmlichen Methoden der Geburtsvorhersage könnte diese Situation deutlich verbessern.

Regelmäßige Temperaturmessungen ermöglichen einen Plausibilitäts-Check. So gäbe es die Möglichkeit mit einer nachmittäglichen Temperaturmessung eine Prognose über eine Geburt in den nächsten 12 h abzugeben. Aufgrund der Daten der vorliegenden Studie kann folgende Methode empfohlen werden, um eine Alarmierung durch den Geburtsmelder beurteilen zu können (vgl. IV.2.4):

Temperaturdifferenz:

- | | | |
|-----------------|----|---|
| Ö-0,5 °C | => | hohe Wahrscheinlichkeit für eine Geburt innerhalb von 12 h |
| -0,4 bis 0,1 °C | => | mäßige Wahrscheinlichkeit für eine Geburt innerhalb von 12 h |
| > +0,1 °C | => | geringe Wahrscheinlichkeit für eine Geburt innerhalb von 12 h |

In ihrer Kombination könnten beide Methoden ihre jeweiligen Schwächen und Stärken ausgleichen und zur deutlichen Verbesserung des Abkalbemanagements beitragen.

Sollte die Temperaturüberwachung als einziges Mittel der Geburtsvorhersage verwendet werden und kein automatischer Geburtsmelder im Einsatz sein, so ist als Cut-Off-Wert ein Temperaturabfall von 0,2 °C zu empfehlen (vgl. IV.2.1):

Temperaturdifferenz:

- | | | | |
|-----------|----|--------------------------------------|---------------|
| Ö-0,2 °C | => | Geburt innerhalb der folgenden | 12 h (12,7 %) |
| | | | 24 h (25,1 %) |
| > -0,2 °C | => | keine Geburt innerhalb der folgenden | 12 h (98,4 %) |
| | | | 24 h (96,7 %) |

Nicht zu vergessen ist hierbei, dass zugleich mögliche fieberhafte Erkrankungen des Muttertieres früher erkannt werden könnten. Zudem ist eine rektale Temperaturmessung mit wenigen Handgriffen durchführbar. Es entsteht also bei kleinem zusätzlichem Arbeitsaufwand ein hoher Nutzen. Ein mögliches Entwicklungsziel dieser Technik könnte die Interpretation des Temperaturmonitorings in den bestehenden Geburtsmelder sein.

Für die Entwicklung einer neuen iVET®-Generation wäre zudem eine größere Variante der Sender zum Einsatz bei Mehrnutzungsrasse (Fleckvieh) aufgrund der stärkeren Bemuskelung und der größeren Fettdepots empfehlenswert.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Matthias Dippon

Zuverlässigkeit und Praktikabilität der Geburtsüberwachung beim Rind mittels eines automatischen Geburtsmeldesystems

Die perinatale Mortalität liegt in der Milchviehhaltung in Deutschland deutlich über dem anerkannten Sollwert von 5 % (GUNDELACH et al., 2009). Die Geburtsüberwachung hat deshalb eine große ethische, tiergesundheitliche und ökonomische Bedeutung. Für ein wirkungsvolles Geburtsmanagement bei der Milchkuh können Landwirte neben frequenten Kontrollen der hochtragenden Tiere auf hochmoderne Geburtsmeldesysteme zurückgreifen. In der vorliegenden Arbeit sollte die Zuverlässigkeit eines neuen Geburtsmeldesystems (iVET[®]) geprüft und mit herkömmlichen Methoden der Geburtsvorhersage verglichen werden. Weiterhin sollte geprüft werden, inwieweit die Kombination von Geburtsvorhersage und -meldung das Geburtsmanagement verbessern kann. Die lokale Verträglichkeit des Geburtsmelders sowie mögliche Auswirkungen auf Fruchtbarkeitskennzahlen wurden ebenfalls betrachtet.

Bei dem neuen Geburtsüberwachungssystem iVET[®] übermittelt ein intravaginaler Sender über einen im Stall angebrachten Empfänger eine Nachricht an bis zu zwei Mobiltelefone, sobald die überwachte Kuh in Geburt kommt. In der vorliegenden Studie erfolgte eine Geburtsüberwachung mittels iVET[®] bei 59 primiparen und pluriparen Kühen einer Holstein-Friesian/Fleckvieh-Kreuzungsherde beginnend sieben Tage vor errechnetem Geburtszeitpunkt. Zusätzlich wurden die Tiere zweimal täglich einer klinischen Untersuchung zur Geburtsvorhersage mittels Parturition Score (PS) nach STREYL et al. (2011) unterzogen. Zudem wurden die rektale Temperatur und die Progesteronkonzentration im Blutplasma bestimmt.

In der Erprobung kam es beim Geburtsüberwachungssystem iVET[®] zu einem hohen Anteil falsch positiver Alarmierungen: In 48 Fällen von insgesamt 89 Geburtsmeldungen handelte es sich um Fehlalarme, die durch Herausfallen des Senders ausgelöst wurden, ohne dass sich das Tier in Geburt befand. Insgesamt 23,2 % der Tiere (n = 13) mussten auf Grund von mindestens drei Fehlalarmen vorzeitig aus dem Versuch genommen werden. Entscheidende Einflussfaktoren auf die Funktionalität des Systems waren Rasse und Parität: Bei Tieren mit

überwiegendem Rasseanteil ($> 66,7\%$) Holstein-Friesian arbeitete der Geburtsmelder sehr zuverlässig (91,7%). Bei einem entsprechenden Fleckvieh-Anteil ($> 66,7\%$) konnten mit dem System nur 63,2 % der Geburtstiere erfolgreich überwacht werden. Weiterhin zeigte sich, dass bei Tieren, die aufgrund von drei Fehlalarmen aus dem Versuch genommen werden mussten, der Anteil an multiparen Kühen signifikant ($p < 0,05$) höher lag. Aufgrund der mangelhaften Zuverlässigkeit sollte von einer alleinigen Anwendung des iVET®-Geburtsüberwachungssystems beim Fleckvieh in der derzeitigen Form abgesehen werden.

Eine Alternative stellt die Geburtsvorhersage durch regelmäßige abendliche rektale Temperaturmessungen dar. In der Studie konnte der aus der Literatur bekannte Temperaturabfall am letzten Tag ante partum bestätigt werden. Hierbei wurde die Temperaturdifferenz im 24 h-Rhythmus erfasst, um circadiane Effekte zu vermeiden. Auch die Geburtsvorhersage anhand des PS erbrachte zuverlässige Ergebnisse: So konnte eine Geburt innerhalb der folgenden 12 Stunden sowohl bei einem Temperaturabfall von weniger als $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ als auch bei einem $\text{PS} < 4,5$ zu über 98 % ausgeschlossen werden. Durch die Kombination von Temperaturmessung und dem Geburtsmeldesystem stellte sich eine Alarmierung zu 90 % als Fehlalarm heraus, wenn zuvor ein Temperaturanstieg von mindestens $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ stattfand. Außerdem bestätigten sich 72,2 % aller Geburtsmeldungen als tatsächliche Geburt, wenn zuvor ein Temperaturabfall von wenigstens $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ auftrat.

Zur Abschätzung des Fremdkörperreizes durch den intravaginalen Sender wurde die Qualität und Häufigkeit des eitriegen Vaginalausflusses (VA) beurteilt. So zeigten über zwei Drittel (67,8 %) aller Tiere zumindest einmaligen geringgradigen eitriegen VA, welcher teilweise bis kurz vor der Geburt zu beobachten war. Es fielen aber lediglich 5,1 % der Tiere ($n = 3$) mit hochgradig eitrigem VA auf. Im Vergleich zur Situation im Vorjahr in derselben Herde konnten keine signifikante Abweichungen bei Fruchtbarkeitskennzahlen wie der Güstzeit, der Rastzeit, dem Erstbesamungserfolg oder dem Trächtigkeitsindex (bis 305 d p. p.) festgestellt werden.

Im Ergebnis der Studie ist die Entwicklung eines modifizierten Senders für Fleckvieh-Kühe ratsam. Dagegen erwies sich das Geburtsmeldesystem für Holstein-Friesian Kühe als sehr zuverlässig. Ebenso ist an eine Systemintegration

der vaginalen Temperaturdaten denkbar, um die Treffsicherheit der Methodik zu erhöhen. Die verfügbaren Protokolle zur Geburtsvorhersage mittels Temperaturmessungen oder PS sowie die Kombination dieser Daten mit einem Geburtsmeldesystem sind schon jetzt als praxistaugliche Methoden zur Verbesserung des Geburtsmanagements in der Milchkuhhaltung zu sehen.

VII. SUMMARY

Matthias Dippon

Reliability and practicability of calving supervision with an automatic calving system

In Germany, the perinatal mortality of dairy calves exceeds the desired maximum value of 5 % by a wide margin (GUNDELACH et al., 2009). Thus, partus detection is of great importance regarding ethics, animal health and economical aspects. Nowadays, farmers have the possibility to use sophisticated calving alarm systems besides the conventional frequent controls of the heavily pregnant animals. The aim of the study was to evaluate the reliability of a novel calving alarm system (iVET[®]) and to compare it with conventional methods. Furthermore, the present study investigates whether the combination of automatic partus detection and methods for partus prediction contributes to improve calving management. Both the local tissue reaction caused by the intravaginal transmitter and its possible impact on reproductive performance were evaluated.

The calving alarm system iVET[®] consists of an intravaginal transmitter, which submits a text message to up to two mobile phones via a receiver placed near the calving pen as soon as the supervised cow gets into labour. Within this study 59 primiparous and multiparous cows of a Holstein/Simmental crossbred herd were assigned to automatic partus detection with iVET[®] seven days prior to the calculated day of calving. Additionally, the animals were clinically examined with regards to a Parturition Score (PS) published by STREYL et al. (2011). Moreover, the rectal body temperature and the plasma progesterone levels were recorded.

During the trial period with iVET[®], a high percentage of false positive alarms were detected. Forty-eight of eighty-nine birth alarms were false alarms - caused by not calving related losses of the intravaginal transmitter. In total 23.2 % of the animals ($n = 13$) dropped out of the trial due to three consecutive losses of the sender. Breed and parity had a major influence on the functionality of the system. The iVET[®]-system showed reliable results (91.7 %) in cows with a predominant percentage of Holstein ($> 66.7 \%$). In cows with an equally high percentage of Simmental ($> 66.7 \%$) only 73.2 % of the calvings could be detected successfully. Furthermore, multiparous cows induced three false alarms and dropped out

significantly more often than primiparous cows ($p < 0.05$). Based on these results the iVET® system cannot be recommended for stand-alone partus detection in Simmental cows.

Partus prediction by vespertine assessment of rectal temperature is an alternative to partus detection systems. Within this study we could confirm the formerly described temperature drop on the last day before calving. To avoid circadian effects the temperature was strictly assessed in 24 h intervals. An upcoming partus within the following 12 h could be ruled out with a probability of over 98% if the temperature drop was less than 0.2 °C and in the same way with a parturition score < 4.5 . In case of a temperature increase of at least 0.2 °C, the combination of temperature assessment and automatic partus detection revealed false alarms in 90.0 %. Accordingly 72.2 % of alarms accompanied by a temperature drop of at least 0.5 °C were true.

In order to estimate the tissue irritation caused by the transmitter, the grade and the frequency of purulent vaginal discharge were assessed within this study. More than two thirds of the animals (67.8 %) showed low grade vaginal discharge at least once, which could partly be detected until the day of partus. Only 5.1 % of the animals ($n = 3$) developed high grade vaginal discharge. No significant variation of the reproductive performance up to 305 d post partum of the animals included in the study was detected compared to the previous year.

In conclusion, the iVET®-system proved to be highly reliable in Holstein breed cows. However the development of a modified sender specifically for Simmental cows might be advisable. The integration of vaginal temperature might improve the system by including available data for partus prediction. The current protocols for partus prediction by temperature or parturition score as well as combining these methods with automatic calving detection are practical methods improving the calving management.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Adams WM, Wagner WC. The role of corticoids in parturition. Biol Reprod 1970; 3: 223-8.

Agthe O, Kolm HP. Oestrogen and progesterone levels in the blood plasma of cows with normal parturition or with a retained placenta. J Reprod Fertil 1975; 43: 163-6.

Aoki M, Kimura K, Suzuki O. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. Animal Reproduction Science 2005; 86: 1-12.

Bellows RA, Gibson RB, Anderson DC, Short RE. Precalving body size and pelvic area relationships in Hereford heifers. J Anim Sci 1971; 33: 455-7.

Berglund B, Philipsson J, Danell ö. External signs of preparation for calving and course of parturition in Swedish dairy cattle breeds. Animal Reproduction Science 1987; 15: 61-79.

Birgel E, Grunert E, Soares J. Das Vorbereitungsstadium der Geburt beim Rind unter Beruecksichtigung der klinischen Geburtsanzeichen und des Progesteronverlaufes fuer die Vorhersage des Geburtstermins. Deutsche Tierarztliche Wochenschrift 1994; 101: 355-9.

Burfeind O, Suthar VS, Voigtsberger R, Bonk S, Heuwieser W. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. J Dairy Sci 2011; 94: 5053-61.

Butenandt A, Westphal U. Zur Isolierung und Charakterisierung des Corpus-luteum-Hormons. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft (A and B Series) 1934; 67: 1440-2.

Chenault JR, Boucher JF, Dame KJ, Meyer JA, Wood-Follis SL. Intravaginal Progesterone Insert to Synchronize Return to Estrus of Previously Inseminated Dairy Cows1. *J Dairy Sci* 2003; 86: 2039-49.

Chew BP, Keller HF, Erb RE, Malven PV. Periparturient concentrations of prolactin, progesterone and the estrogens in blood plasma of cows retaining and not retaining fetal membranes. *J Anim Sci* 1977; 44: 1055-60.

Coopman F, de Smet S, Gengler N, Haegeman A, Jacobs K, van Poucke M, Laevens H, van Zeveren A, Groen AF. Estimating internal pelvic sizes using external body measurements in the double-muscled Belgian Blue beef breed. *J Anim Sci* 2003; 76: 229-35.

Currie WB, Gorewit RC, Michel FJ. Endocrine changes, with special emphasis on oestradiol-17-beta, prolactin and oxytocin, before and during labor and delivery in goats. *J Reprod Fertil* 1988; 82: 299-308.

Dargatz DA, Dewell GA, Mortimer RG. Calving and calving management of beef cows and heifers on cow-calf operations in the United States. *Theriogenology* 2004; 61: 997-1007.

De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M. Das Trächtigkeitsergebnis. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind: Georg Thieme Verlag 2013a: 30-48.

De Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, Martin R. Jungviehaufzucht und Färsenmanagement. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind: Georg Thieme Verlag 2013b: 145-71.

Diaz FJ, Anderson LE, Wu YL, Rabot A, Tsai SJ, Wiltbank MC. Regulation of progesterone and prostaglandin F₂ production in the CL. *Molecular and Cellular Endocrinology* 2002; 191: 65-80.

DLG Service GmbH. EuroTier Neuheiten-magazin. 2012: 10
http://www.eurotier.com/fileadmin/downloads/2012/Innovations/ET-Neuheiten-2012_de.pdf.

Dufty JH. Determination of the onset of parturition in hereford cattle. Aust Vet J 1971; 47: 77-82.

Edqvist LE, Kindahl H, Stabenfeldt G. Release of prostaglandin F 2alpha during the bovine peripartal period. Prostaglandins 1978; 16: 111-9.

Eissa HM, el-Belely MS. Sequential changes in plasma progesterone, total oestrogens and corticosteroids in the cow throughout pregnancy and around parturition. Br Vet J 1990; 146: 24-9.

Essmeyer K Aufklärung der Ursachen einer erhöhten Häufigkeit von Totgeburten in einem Milchviehbetrieb. Dissertation 2006 Tierärztliche Hochschule Hannover;

Fels E. Das Corpus luteum-Hormon und seine Reindarstellung. Archives of Gynecology and Obstetrics 1934; 158: 364-92.

Fraenkel L. Neue Experimente zur Function des Corpus Iuteum. Archives of Gynecology and Obstetrics 1910; 91: 705-61.

Gallagher Europe. Birth Alarm. 2015:
http://www.birthalarm.com/downloads/Birth_Alarm_Lite_DE.pdf 03.03.2015.

Gomes WR, Estergreen Jr VL, Frost OL, Erb RE. Progestin Levels in Jugular and Ovarian Venous Blood, Corpora Lutea, and Ovaries of the Nonpregnant Bovine. J Dairy Sci 1963; 46: 553-8.

Gomes WR, Erb RE. Progesterone in bovine reproduction. A review. J Dairy Sci 1965; 48: 314-30.

Graf G, Petersen W. Changes in Respiration and Heart Rates, Body Temperatures, Plasma Lactic Acid Levels and Plasma Creatinine Levels Caused by Stress in Dairy Cattle. *J Dairy Sci* 1953; 36: 1036-48.

Granstrom E, Kindahl H. Species-differences in circulating prostaglandin metabolites - relevance for the assay of prostaglandin release. *Biochimica Et Biophysica Acta* 1982; 713: 555-69.

Grunert E. Die normale Geburt. In: *Tiergeburtshilfe*, 4. Auflage ednd-2000 Hamburg: Paul Parey Verlag, Berlin 1993: 83-104.

Grunert E, Andresen P. Geburtshilfe. In: *Buiatrik Band 1: Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung*, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Grunert E, ed. Hannover: Verlag M. & H. Schaper Alfred 1996: 129-90.

Gundelach Y, Essmeyer K, Teltscher MK, Hoedemaker M. Risk factors for perinatal mortality in dairy cattle: Cow and foetal factors, calving process. *Theriogenology* 2009; 71: 901-9.

Hanukoglu I. Steroidogenic enzymey - structure, function, and role in regulation of steroid-hormone biosynthesis. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 1992; 43: 779-804.

Hartmann D Auswirkungen einer protrahierten Geburtseinleitung beim Rind auf die Plazentareife, den uterinen Blutfluss sowie Steroidhormone im Plasma. Dissertation 2011 Tierärztliche Hochschule Hannover;

Hartmann M, Wettstein A. Ein krystallisiertes Hormon aus Corpus luteum.(Vorläufige Mitteilung). *Helvetica Chimica Acta* 1934; 17: 878-82.

Hartwig K-H Untersuchungen über Beginn und Verlauf der Geburt beim Rind unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe und deren Beeinflussung durch ein beta-2-Mimetikum (Planipart®). Dissertation 1983 Tierärztliche Hochschule Hannover;

Hasseler W. IVET Geburtsüberwachungssystem. 2015; 06.03.2015:
<http://geburtsueberwachung.de/home/geburtsuberwachung/> 06.03.2015.

Haugejorden G, Waage S, Dahl E, Karlberg K, Beckers JF, Ropstad E. Pregnancy associated glycoproteins (PAG) in postpartum cows, ewes, goats and their offspring. Theriogenology 2006; 66: 1976-84.

Heun C. Computertomographische Messungen zur Objektivierung und Optimierung geburtshilflicher Maßnahmen bei Holstein Friesian Rindern. Dissertation 2008 Tierärztliche Hochschule Hannover;

Hoedemaker M, Ruggat I, Teltscher MK, Essmeyer K, Kreenbrock L. Influence of animal, herd and management factors on perinatal mortality in dairy cattle - a survey in Thuringia, Germany. Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift 2010; 123: 130-6.

Hoffman B, Wagner WC, Hixon JE, Bahr J. Observations concerning the functional status of the corpus luteum and the placenta around parturition in the cow. Animal Reproduction Science 1979; 2: 253-66.

Hoffmann B. Gravidität, Geburt und Puerperium. In: Veterinärmedizinische Endokrinologie. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart: Döcke, F 1994: 509-43.

Hoffmann B, Schuler G. The bovine placenta; a source and target of steroid hormones: observations during the second half of gestation. Domest Anim Endocrinol 2002; 23: 309-20.

Hofmann E, Failing, K., Wehrend, A. Veränderungen an Vulva und Vestibulum bei Mutterkühen und Färsen in den letzten sieben Tagen vor der Geburt. Tierärztliche Praxis 2006; 2006: 15-9.

Hoy S. Zur Prognose des Kalbebeginns durch Messung der Wiederkaudauer. Praktischer Tierarzt 2015; 96: 164-72.

Jan Wolters Abfohlsystem GmbH. Das Abfohlsystem. 2014:
<http://www.abfohlsystem.de.vu/> 03.03.2015.

Johnson SK, Deutscher GH, Parkhurst A. Relationships of pelvic structure, body measurements, pelvic area and calving difficulty. J Anim Sci 1988; 66: 1081-8.

Kindahl H, Kornmatitsuk B, Konigsson K, Gustafsson H. Endocrine changes in late bovine pregnancy with special emphasis on fetal well-being. Domest Anim Endocrinol 2002; 23: 321-8.

Kindahl H, Kornmatitsuk B, Gustafsson H. The cow in endocrine focus before and after calving. Reprod Domest Anim 2004; 39: 217-21.

Königsson K, Kask K, Gustafsson H, Kindahl H, Parvizi N. 15-ketodihydro-PGF2 alpha, progesterone and cortisol profiles in heifers after induction of parturition by injection of dexamethasone. Acta Vet Scand 2001; 42: 151-9.

Kornmatitsuk B, Konigsson K, Kindahl H, Gustafsson H, Forsberg M, Madej A. Clinical signs and hormonal changes in dairy heifers after induction of parturition with prostaglandin F2 alpha. J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med 2000; 47: 395-409.

Kornmatitsuk B, Franzen G, Gustafsson H, Kindahl H. Endocrine measurements and calving performance of Swedish red and white and Swedish Holstein dairy cattle with special respect to stillbirth. Acta Vet Scand 2003; 44: 21-33.

Kornmatitsuk B, Dahl E, Ropstad E, Beckers JE, Gustafsson H, Kindahl H. Endocrine profiles, haematology and pregnancy outcomes of late pregnant Holstein dairy heifers sired by bulls giving a high or low incidence of stillbirth. Acta Vet Scand 2004; 45: 47-68.

Lammoglia MA, Bellows RA, Short RE, Bellows SE, Bighorn EG, Stevenson JS, Randel RD. Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cows. J Anim Sci 1997; 75: 2526-34.

Lewandrowski NM, Hurnik JF. Periparturient behavior of Beef-cattle. Canadian Journal of Animal Science 1981; 61: 1085.

Lidfors LM, Moran D, Jung J, Jensen P, Castren H. Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. Applied Animal Behaviour Science 1994; 42: 11-28.

Liste P (2014) Was taugen Abkalbemelder?, Top Agrar. R32-R5

LKV Bayern. 2013:

http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/mlp_13_kb.pdf 03.03.2015.

Lye SJ. Initiation of parturition. Animal Reproduction Science 1996; 42: 495-503.

Marchesi G, Leonardi S, Tangorra F, Calcante A, Beretta E, Pofcher E, Lazzari M. Evaluation of an electronic system for automatic calving detection on a dairy farm. Animal Reproduction Science 2013; 53: 1112-4.

Matsas DJ, Nebel RL, Pelzer KD. Evaluation of an on-farm blood progesterone test for predicting the day of parturition in cattle. Theriogenology 1992; 37: 859-68.

McGuirk B, Forsyth R, Dobson H. Economic cost of difficult calvings in the United Kingdom dairy herd. The Veterinary Record 2007; 161: 685-7.

MEDRIA. Vel'Phone. 2010: http://www.medria.fr/en_GB/produits/vel-phone.html 03.03.2015.

Mee JF. Managing the dairy cow at calving time. *Vet Clin Food Anim* 2004; 20: 521-46.

Mee JF. Newborn dairy calf management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 2008; 24: 1-17.

Mee JF. Why Do So Many Calves Die on Modern Dairy Farms and What Can We Do about Calf Welfare in the Future? *Animals* 2013; 3: 1036-57.

Meyer H (1989) Enzymimmunologische Messverfahren zur Hormonanalytik, Thieme/Enke/Hippokrates. 150

Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. Changes in the behaviour of dairy cows during the 24h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science* 2011a; 131: 8-14.

Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. Behavioural predictors of the start of normal and dystocic calving in dairy cows and heifers. *Applied Animal Behaviour Science* 2011b; 132: 14-9.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Bewegungsapparat, vol. 1. Parey bei MVS, Stuttgart 2001: 102-8.

Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiol Rev* 2000; 80: 1-29.

Owens JL, Edey TN, Bindon BM, Piper LR. Parturient behaviour and calf survival in a herd selected for twinning. *Applied Animal Behaviour Science* 1985; 13: 321-33.

Palombi C, Paolucci M, Stradaioli G, Corubolo M, Pascolo PB, Monaci M. Evaluation of remote monitoring of parturition in dairy cattle as a new tool for calving management. Bmc Veterinary Research 2013; 9: 9.

Paolucci M, Di Giambattista A, Sylla L, Menichelli M, Banchio A, Monaci M (2008) Predicting time of parturition in Holstein Friesian cows by using C6 Birth Control (R). Reproduction in Domestic Animals. 57-8

Parker BNJ, Foulkes, J. A., Jones, P. C., Dexter, I., Stephens, H. Predicting of calving times from plasma progesterone concentration. The Veterinary Record 1988; 23 (1988): 88-9.

PATURA KG. Abkalbemelder-Set. 2015:

http://www.patura.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/DOKUMENTE_PDF/Anleitungen/Tierzuchgeraete/603000_Man_210x297_1c_Abkalbemelder_130226.pdf
03.03.2015.

Pschyrembel W (2002) Klinisches Wörterbuch. Berlin New York (Walter de Gruyter). 980

Rajamahendran R, Lague PC, Baker RD. Plasma progesterone levels in cycling and "Gonadotrophin-prostaglandin-treated" Heifers. Canadian Journal of Animal Science 1976; 56: 37-42.

Rexha S, Grunert, E. Untersuchungen zur Voraussage des Abkalbetermins mittels eines Progesteronschnelltests. Tierärztliche Praxis 1993; 1993: 197-200.

Rice L, Wiltbank J. Factors affecting dystocia in beef heifers. J Am Vet Med Assoc 1972; 161: 1348-58.

Rico AG. Metabolism of endogenous and exogenous anabolic agents in cattle. J Anim Sci 1983; 57: 226-32.

Robertson HA. Changes in the concentration of unconjugated oestrone, oestradiol-17alpha and oestradiol-17beta in the maternal plasma of the pregnant cow in relation to the initiation of parturition and lactation. *J Reprod Fertil* 1974; 36: 1-7.

Sasser RG, Ruder CA, Ivani KA, Butler JE, Hamilton WC. Detection of pregnancy by radioimmunoassay of a novel Pregnancy-specific protein in serum of cows and a profile of serum concentrations during gestation. *Biology of Reproduction* 1986; 35: 936-42.

Schams D, Hoffmann B, Fischer S, Marz E, Karg H. Simultaneous determination of LH and progesterone in peripheral bovine blood during pregnancy, normal and corticoid-induced parturition and the post-partum period. *J Reprod Fertil* 1972; 29: 37-48.

Schlote W, Hässig H, Heil F. Untersuchungen über innere Beckenmessungen bei Färzen. *Züchtungskunde* 1978; 50: 391-400.

Schulz J, Sauck D. Clinical signs of calving in primipara and pluripara Friesian cattle in the GDR. *Monatshefte Fur Veterinarmedizin* 1988; 43: 452-3.

Shah KD, Nakao T, Kubota H. Plasma estrone sulphate (E1S) and estradiol-17 (E2) profiles during pregnancy and their relationship with the relaxation of sacrosciatic ligament, and prediction of calving time in HolsteinóFriesian cattle. *Animal Reproduction Science* 2006; 95: 38-53.

Shah KD, Nakao T, Kubota H, Maeda T. Peripartum changes in plasma estrone sulfate and estradiol-17 beta profiles associated with and without the retention of fetal membranes in Holstein-Friesian cattle. *Journal of Reproduction and Development* 2007; 53: 279-88.

Smith VG, Edgerton LA, Hafs HD, Convey EM. Bovine serum estrogens, progestins and glucocorticoids during late pregnancy parturition and early lactation. *J Anim Sci* 1973; 36: 391-6.

Soriani N, Trevisi E, Calamari L. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. J Anim Sci 2012; 90: 4544-54.

Stabenfeldt GH, Osburn BI, Ewing LL. Peripheral plasma progesterone levels in the cow during pregnancy and parturition. American Journal of Physiology 1970; 218: 571-5.

Steinhöfel I. Die Geburt des Kalbes. DLG Merkblatt 374, ed. 2012; 22.

Stone D, Hechter O. Studies on ACTH action in perfused bovine adrenals - The site of action of ACTH in Corticosteroidogenesis. Archives of Biochemistry and Biophysics 1954; 51: 457-69.

Streyl D, Sauter-Louis C, Braunert A, Lange D, Weber F, Zerbe H. Establishment of a standard operating procedure for predicting the time of calving in cattle. J Vet Sci 2011; 12: 177-85.

Tenhagen BA, Helmbold A, Heuwieser W. Effect of Various Degrees of Dystocia in Dairy Cattle on Calf Viability, Milk Production, Fertility and Culling. Journal of Veterinary Medicine Series A 2007; 54: 98-102.

Trading D. How does Agrimonitor work? 2004:

http://users.skynet.be/fa547120/Agrimonitor_en/fonctionnement_en.htm

03.03.2015.

Villarroel A, Martino A, BonDurant RH, Dèletang F, Sischo WM. Effect of post-insemination supplementation with PRID on pregnancy in repeat-breeder Holstein cows. Theriogenology 2004; 61: 1513-20.

von Krueger X, Heuwieser W. Effekt des CIDR® auf Brunsterkennung, Besamungserfolg und vaginale Irritation bei Färsen. Tierärztliche Praxis Großtiere 2011; 39: 277-80.

Wächtomat Werner Kegel GmbH. Wächtomat B2. 2015:
<http://www.waechtomat.de/waechtomat/b2.html> 03.03.2015.

WESTE-XL. Deutscher Wetterdienst:2015:

http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwww/Desktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_spezielle_nutzer_energiewirtschaft_historisch&T26606973141161345028578gsbDocumentPath=Content%2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU1%2FKU12%2FKlimadaten%2FWESTE%2FWESTE-XL%2FWESTE-XL_Nutzungsrechte.html 17.03.2015.

Whittle WL, Holloway AC, Lye SJ, Gibb W, Challis JR. Prostaglandin production at the onset of ovine parturition is regulated by both estrogen-independent and estrogen-dependent pathways. *Endocrinology* 2000; 141: 3783-91.

Wintersteiner O, Allen WM. Crystalline progestin. *Journal of Biological Chemistry* 1934; 107: 321-36.

Wischral A, Verreschi IT, Lima SB, Hayashi LF, Barnabe RC. Pre-parturition profile of steroids and prostaglandin in cows with or without foetal membrane retention. *Animal Reproduction Science* 2001; 67: 181-8.

Wise TH, Caton D, Thatcher WW, Barron DH, Fields MJ. Ovarian-function during the estrous-cycle of the cow - Ovarian blood-flow and Progesterone release rate. *J Anim Sci* 1982; 55: 627-37.

Wright I, White I, Russel A, Whyte T, McBean A. Prediction of calving date in beef cows by real-time ultrasonic scanning. *The Veterinary Record* 1988; 123: 228-9.

Zoli AP, Guilbault LA, Delahaut P, Ortiz WB, Beckers JF. Radioimmunoassay of a bovine pregnancy-associated Glycoprotein in serum - Its application for pregnancy diagnosis. *Biology of Reproduction* 1992; 46: 83-92.

IX. ANHANG

Tabelle 26: Liste aller Versuchstiere

Versuch stier- nummer	Gruppe	Fehl- alarm	HF [in %]	Anteil iVET- Erfolg	BCS	VA	TiTi_I	Klasse	Lak.- Nr.	Auswertung in														
										1.2.2			1.2. 2a	1.2. b	1.2. 2c	1.2. 3	1.3.1		1.3.3		1.4		1.5	
										1.1.1	1.1.2	1.2.1					1.3.1	1.3.3	1.4	1.5				
053	V1	0	37,5	RP	3,0	0	39,0	1	3															
054	V1 Abbr ₁	3	75(Krz)	FP	2,0	0	39,5	1	2							Nein	Nein							
055	V1	0	62,5	RP	3,5	0	38,0	1	3															
056	V1	1	43,75	RP	4,0	0	36,0	0	0															
057	V1 Abbr ₁	3	62,5	FP	3,5	0	36,5	1	1															
058	V1	0	68,75	RP	n. a.	1	38,5	1	1					Nein	Nein	Nein								
059	V1	0	75	RP	3,0	1	38,0	0	0															
060	V1	0	100	RP	2,5	2	36,5	0	0															
061	V1	0	31,25	RP	3,5	0	39,0	0	0															
062	V1	0	31,25	RP	3,5	0	36,5	0	0															
063	V1	0	68,75	RP	3,5	1	37,0	0	0															
064	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n.a	n. a.	n. a.	n. a.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein				
065	V1	0	0	n. a.	4,5	0	40,0	1	5	Nein	Nein	Nein		Nein		Nein		Nein						
066	V1 Abbr ₁	3	50	FP	4,0	3	38,5	1	1															
067	V1	0	31,25	RN	4,5	1	36,5	1	2			Nein		Nein		Nein								
068	V1	0	25	RP	5,0	1	37,0	1	3															
069	V1	0	25	n. a.	4,0	0	35,5	1	6	Nein	Nein	Nein		Nein		Nein		Nein						
070	V1 Abbr ₁	3	37,5	FP	4,5	2	36,0	1	3															
071	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n.a	n. a.	n. a.	n. a.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein				
072	V1	0	37,5	RP	3,5	4	n. a.	1	3			Nein												
073	V1 Abbr ₁	3	6,25	FP	4,5	1	32,5	1	1															

Versuch stier- nummer	Gruppe	Fehl- alarm	HF [in %]	Anteil iVET- Erfolg	BCS	VA	TiTi_I	Klasse	Lak.- Nr.	Auswertung in												
										1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.2.2			1.2. 2a	1.2. b	1.2. 2c	1.2. 3	1.3.1	1.3	1.3.3
074	V1	3	37,5	FP	3,5	3	40,0	0	0													
075	V1	0	62,5	RP	3,0	2	39,0	1	3													
076	V1	0	0	RP	3,5	3	37,0	0	0													
077	V1	0	68,75	RP	3,5	1	39,0	1	1													
		50	49,67		3,54	1,3	37,4	36		56	56	46	57	50	55	50	59	56	59	59	59	59

Abkürzungen:

V0: Vorversuchstiere

Abbr₀: FP-Gruppe, regelmäßige Untersuchungen wurden nach Versuchsabbruch nicht weitergeführt

n. a.: nicht ausgewertet

HF: Holstein-Friesian

RP: richtig positiv (max. 2 Fehlalarme)

FN: falsch negativ (max. 2 Fehlalarme)

BCS: Body Condition Score

TiTi_I: laterale Sitzbeinbreite

Lak.-Nr.: Laktationsnummer zu Versuchsbeginn

V1: Tiere aus dem Hauptversuch

Abbr₁: FP-Gruppe, regelmäßige Untersuchungen wurden nach Versuchsabbruch weitergeführt

Nein: Daten wurden für dieses Kapitel nicht ausgewertet

Krz: Kreuzungstier mit einem dritten Rasseanteil (außer Fleckvieh und HF)

FP: falsch positiv (3 Fehlalarme)

RN: richtig negativ (max. 2 Fehlalarme; keine Geburt innerhalb von 15 d)

VA: eitriger Vaginalausfluss (Gruppierung)

Klasse: 0 (Kalbin) / 1 (Kuh)

Protokoll Blatt 1/01

Geburtsüberwachung A, Kuh

Diss. MD

Kuh:	Nr.:	Datum der Umstellung:		errechneter Abkalbtermin:		Eingabe IVET:			
allg. Untersuchung:		Datum/Uhrzeit:		Blut:	<input type="checkbox"/>	bisherige Abkalbungen:			
Verh.:	FA:	HT:		BD:		Milchleistung:			
Af:	Hf:	Pa:		K:		ZF:	T:		
SH:	ESG:	PA/SA:		BCS:		BB:			
		Tag 1: V	N	Tag 2: V	N	Tag 3: V	N	Tag 4: V	N
		Datum:		Datum:		Datum:		Datum:	
klinische US:		Blut:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Zitzenfüllung: (0-3)							
		Beckenbänder: (0-6)							
		Temperatur:							
IVET-Meldungen:									
vaginaler Ausfluss:									
		Tag 5: V	N	Tag 6: V	N	Tag 7: V	N	Tag 8: V	N
		Datum:		Datum:		Datum:		Datum:	
klinische US:		Blut:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Zitzenfüllung: (0-3)							
		Beckenbänder: (0-6)							
		Temperatur:							
IVET-Meldungen:									
vaginaler Ausfluss:									
Abkalbung:		Datum:		Uhrzeit, Beginn:		Vaginale Untersuchung:	Datum:	Uhrzeit:	
Blut:		<input type="checkbox"/>	Serum:	<input type="checkbox"/>	Temperatur:				
L/S/H:						Eihautblasen:			
Geburtshilfe: (0-5)						Position:			
Größe des Kalbes: (0-3)						Dauer der Geburt:			
Nachgeburtshilfe:						Gewicht des Kalbes:			
Mißbildungen:						Lebenszeichen:			
						Tierärzte:			

Nr.: 01

Abbildung 18: Protokoll zur täglichen Daten- und Befunderhebung; Seite 1

Protokoll Blatt 01/02

Geburtsüberwachung A, Kuh

Diss. MD

	Tag 9: V N		Tag 10: V N		Tag 11: V N		Tag 12: V N	
Datum:								
Blut:	<input type="checkbox"/>							
Zitzenfüllung: (0-3)								
Beckenbänder: (0-6)								
Temperatur:								
IVET-Meldungen:								
vaginaler Ausfluss:								
	Tag 13: V N		Tag 14: V N					
Datum:								
Blut:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Zitzenfüllung: (0-3)								
Beckenbänder: (0-6)								
Temperatur:								
IVET-Meldungen:								
vaginaler Ausfluss:								

Zitzenfüllung:	0: schlaff	1: mgr gef.	2: mgr gef.	3: hgr gefüllt	rektale Untersuchung:		
Beckenbänder:	0: hart	2: ggr relax.	4: weich, palp.	6: nicht palpierbar	Datum:		
L/S/H:	L1: Vorderendlage	L2: Hinterendlage	L3: Sonstige	Befund:			
	S1: obere Stellung	S2: untere Stellung	S3: seitl. Stellung (l/r)				
	H1: gestreckte Hltg	H2: Karpalbeugehaltung	H3: Ellbogenbeugehaltung	H4: Schulterbeugehaltung			
	H5: Kopfseitenhltg	H6: Kopfbrushaltung	H7: Kopfrückenhaltung	H8: Sonstiges			
Position:	P1: vorgetreten	P2: eingetreten	P3: ausgetreten				
Geburtshilfe:	0: keine	1: ggr. (1P)	2: mgr. (1P)	3: hgr. (2P)	Datum:		
Kälbergröße:	0: normal	1: relativ groß	2: relativ zu groß	3: absolut zu groß	Befund:		
Portio:	Z apfenförmig	R Rosettenförmig	V breit verlaufend	S schlaff-lappig überhängend			
Öffnungsgrad:	0: vollst geschlossen	1: strohhalm	2: bleistift	3 fingerstark	4: 2-fingerstark	5: 3-fingerstark	
SH:	A: blass	B: blassrosa	C: hyperämisch	D: krankhafte Rötung	E: schmutzige Rötung		
Feuchtigkeit:	I: trocken	II: wenig feucht	III: mgr feucht	IV: sehr feucht	V: Flüssigkeit (Schl/Ei)		

Nr.: 01

Abbildung 19: Protokoll zur täglichen Daten- und Befunderhebung; Seite 2

Tabelle 27: Auflistung aller Geburtsmeldungen durch das iVET®-System, wenn innerhalb von 12 h zuvor eine Untersuchung stattfand

Tiernummer	Uhrzeit	T	PS	P4	Alarmierung
018	18:16	-	0	n. a.	FP
018	00:18	-0,4	6	n. a.	FP
021	10:46	-	2	n. a.	FP
021	13:29	-	2	n. a.	FP
024	10:13	0,1	4	n. a.	FP
024	02:16	0	4	n. a.	FP
025	08:50	-	0	4,865	FP
028	09:30	-	2	1,522	FP
028	17:11	-	2	1,522	FP
028	17:51	0,2	4	2,62	FP
031	14:12	0	3,5	4,5	FP
031	04:42	0	4	4,56	FP
032	02:03	-0,5	0	1,205	FP
032	20:55	0,3	2	2,56	FP
032	19:12	0	2	2,41	FP
036	12:57	0,3	4	3,946	FP
039	17:05	-1,1	3	6,21	FP
039	17:29	0,1	3,5	7,63	FP
040	04:36	-	0	1,933	FP
040	00:50	-0,6	0	1,92	FP
040	10:17	-1	0	3,04	FP
045	08:09	-0,1	3	6,93	FP
045	12:15	-0,2	3	2,793	FP
047	02:37	-0,4	3	4,05	FP
049	01:35	-0,3	4	7,125	FP
049	13:29	0,2	4	2,03	FP
049	17:49	0,2	4	2,03	FP
054	09:09	-	2,5	3,785	FP
054	01:59	-0,5	4	3,58	FP
056	02:29	-0,1	4	6,195	FP
057	17:19	0,1	4,5	7,45	FP
057	04:33	0	4,5	4,94	FP
057	07:07	-0,2	4,5	6,555	FP
066	20:52	-0,4	3	9,11	FP
066	23:11	0,4	3	8,84	FP
070	14:34	-	1	6,01	FP
070	22:18	0	1	4,34	FP
070	18:11	0,3	2	5,33	FP

073	21:21	0,3	3,5	6,9	FP
073	23:19	0,3	3,5	6,9	FP
074	12:15	-0,2	3	6,96	FP
074	15:49	-0,2	3	6,96	FP
074	10:52	-0,1	4	3,21	FP
017	8:35	-0,2	5	n. a.	RP
019	7:15	-0,2	3	n. a.	RP
020	8:42	-0,4	7	n. a.	RP
023	18:49	-1,1	6	n. a.	RP
025	8:43	-0,3	6	4,17	RP
026	8:32	-0,6	4,5	0,467	RP
027	7:26	-0,3	3	1,105	RP
029	21:25	-0,5	2	Ö0,2	RP
034	7:50	-0,1	3	Ö0,2	RP
035	17:15	-0,3	5	Ö0,2	RP
036	9:09	-0,9	5	1,126	RP
038	18:36	-1,3	5	Ö0,2	RP
039	7:21	-0,5	5,5	Ö0,2	RP
042	19:55	-0,4	5	Ö0,2	RP
043	22:38	0	4,5	0,505	RP
044	15:24	0,1	5,5	Ö0,2	RP
045	17:46	-0,9	5	Ö0,2	RP
046	22:37	-1,1	3,5	Ö0,2	RP
047	9:39	-0,2	5	Ö0,2	RP
047	16:01	-0,3	4	Ö0,2	RP
048	7:40	0,1	2	0,412	RP
048	17:00	-0,2	6	0,672	RP
050	15:15	-0,2	6	Ö0,2	RP
051	16:54	-0,3	4,5	Ö0,2	RP
052	18:49	-0,3	3,5	Ö0,2	RP
053	23:53	-0,3	7	Ö0,2	RP
055	7:53	-0,7	2	Ö0,2	RP
055	15:36	-0,3	2	Ö0,2	RP
056	8:33	-0,2	5,5	Ö0,2	RP
058	7:51	-0,3	6	Ö0,2	RP
059	7:28	0,5	6	0,434	RP
060	8:29	-0,9	4,5	0,668	RP
062	19:11	-0,4	6	Ö0,2	RP
063	8:41	-0,9	5,5	Ö0,2	RP
068	7:27	-0,5	6,5	Ö0,2	RP

075	8:42	-0,2	6	0,736	RP
076	19:51	-0,7	5,5	Ö0,2	RP

Schwarze Felder geben Abweichungen von den zu erwartenden Werten an.
n. a.: Bei den Tieren 017-024 konnten keine Blutproben ausgewertet werden
RP: richtig positiver Alarm: Tier befand sich in/unmittelbar vor der Geburt
FP: falsch positiver Alarm: Tier befand sich nicht in/unmittelbar vor der Geburt

Tabelle 28: Futterration zwei (bei Kalbinnen drei) Wochen vor errechnetem Abkalbtermin

Inhaltsstoff	Einh.	Gehalt in der Mischung	Gehalt je kg TM	Leistung Mischung
Trockenmasse	kg	17,71	1,00	
NEL	MJ	114,8	6,5	23,0
Rohprotein	g	2454,0	138,6	22,8
Nutzbares Protein	g	2580,3	145,7	24,3
Ruminale N-Bilanz	g	2725,7	-1,1	
Rohfaser	g	1,9	196,7	19,7 %
Struktur-Rohfaser	g	2725,7	153,9	15,4 %
Strukturwert SW		1,9	1,9	
Stärke + Zucker	g	4574,0	258,3	25,8 %
Pansenstabile Stärke	g	639,5	36,1	3,6 %
Rohfett	g	523,15	29,54	3,0 %
NfE	g	10122,5	571,7	
Grundfutter TM	kg	13,81	0,78	78,0 %
Kraftfutter TM	kg	3,90	0,22	22,0 %
Mineralfutteranteil	g	134,8	7,6	
Ca	g	114,0	6,4	29,6
P	g	69,0	3,9	28,5
Mg	g	42,6	2,4	34,8
Na	g	29,1	1,6	28,0
K	g	281,6	15,9	
Cl	g	62,6	3,5	

TM: Trockenmasse

NEL: Netto-Energie-Laktation

NfE: Stickstoff-freie-Extraktstoffe

Tabelle 29: Zusammensetzung der Kraftfutterration

Inhaltsstoff	Einh.	Gehalt je kg FM	Gehalt je kg FM	Leistung je kg FM
Trockenmasse	g	880,0	893,0	
Frischmasse	g	1000	1000	
NEL	MJ	6,9	7,2	2,17
Rohprotein	g	180,0	210,2	2,45
Nutzbares Protein	g	180,0	179,8	2,10
Ruminale N-Bilanz	g		4,8	
Rohfaser	g	100	51,0	5,7 %
Stärke	g		361,2	
Zucker	g		45,7	
Stärke + Zucker	g	400	406,9	
Pansenstabile Stärke	g	100	94,8	
Rohfett	g	40	26,8	
Mineralfutteranteil	g	30,0	8,0	
Ca	g	6,8	7,1	2,18
P	g	4,2	5,6	2,80
Mg	g	1,3	2,2	3,62
Na	g	1,5	1,6	2,27
K	g	10,0	8,8	

FM: Frischmasse

Einh.: Einheit

NEL: Netto Energie Laktation

1. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: iVET®-Sender, von unten betrachtet.....</i>	26
<i>Abbildung 2: iVET®-Empfänger.....</i>	27
<i>Abbildung 3: Technische Skizze zur Funktionsweise der iVET®-</i>	
<i>Geburtsalarmierung</i>	27
<i>Abbildung 4: Möglichkeiten des Versuchs- und Geburtsverlaufes</i>	42
<i>Abbildung 5: Verhältnis zwischen Erstkalbinnen und Kühen in den Gruppen der Geburtsüberwachung (n = 52).....</i>	44
<i>Abbildung 6: Einfluss der lateralen Sitzbeinbreite auf die Geburtsüberwachung durch das iVET®.....</i>	47
<i>Abbildung 7: Einfluss der Körperfunktion auf den Erfolg einer Geburtsüberwachung mit iVET® (n = 50).....</i>	48
<i>Abbildung 8: Korrelation zwischen Rassenanteil und Body Condition Score (n = 55).....</i>	49
<i>Abbildung 9: Der Überwachungserfolg war bei Tieren mit hohem Holstein-Friesian (HF)-Anteil signifikant besser als bei Tieren mit hohem FV-Anteil.....</i>	50
<i>Abbildung 10: Eitriger Vaginalausfluss durch Einsatz des iVET® (n = 59)</i>	55
<i>Abbildung 11: Durchschnittlicher eitriger Vaginalausfluss in den letzten sieben Tagen a. p.</i>	56
<i>Abbildung 12: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h mittels Temperaturüberwachung.....</i>	59
<i>Abbildung 13: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h mittels Temperaturüberwachung.....</i>	61
<i>Abbildung 14: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h mittels Parturition Score nach STREYL et al. (2011).....</i>	64
<i>Abbildung 15: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h mittels Parturition Score nach STREYL et al. (2011).....</i>	66
<i>Abbildung 16: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 24 h durch Messung der P4-Plasma-Konzentration</i>	68
<i>Abbildung 17: ROC-Kurve zur Optimierung der Geburtsvorhersage innerhalb von 12 h durch die P4-Plasma-Konzentration</i>	70
<i>Abbildung 18: Protokoll zur täglichen Daten- und Befunderhebung; Seite 1</i>	110
<i>Abbildung 19: Protokoll zur täglichen Daten- und Befunderhebung; Seite 2</i>	111

2. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Übersicht über die Trächtigkeitsdauer seit 2006, LVG</i>	31
<i>Tabelle 2: Rassenverteilung der Versuchstiere</i>	32
<i>Tabelle 3: Score zur Allgemeinuntersuchung</i>	34
<i>Tabelle 4: Beurteilung von Parturition Score nach STREYL et al. (2011).....</i>	36
<i>Tabelle 5: Bei einem relativ großen Anteil der Versuchstiere war die iVET®-Überwachung nicht regulär durchführbar</i>	43
<i>Tabelle 6: Tatsächliche Situation im Stall nach einer iVET®-Alarmierung</i>	45
<i>Tabelle 7: Zuverlässigkeit eines iVET®-Alarms.....</i>	46
<i>Tabelle 8: Body Condition Score der Versuchstiere (n = 57).....</i>	48
<i>Tabelle 9: DH-Tiere sind erfolgreicher mittels iVET® zu überwachen als FV.....</i>	51
<i>Tabelle 10: Reaktivierungsmeldungen der iVET®-Sender im zeitlichen Zusammenhang mit der Geburt.....</i>	54
<i>Tabelle 11: Fruchtbarkeitskennzahlen bei Tieren mit und ohne iVET®-Einsatz ..</i>	57
<i>Tabelle 12: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C.....</i>	59
<i>Tabelle 13: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Abfall der T_R um 0,2 °C</i>	60
<i>Tabelle 14: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C.....</i>	61
<i>Tabelle 15: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Temperaturabfall von 0,2 °C unter Berücksichtigung von ausschließlich abendlicher Temperaturnessungen</i>	62
<i>Tabelle 16: Häufigkeiten von Geburten in Abhängigkeit vom Abfall der Körperinnentemperatur um 0,2 °C bei einer abendlichen Messung.....</i>	62
<i>Tabelle 17: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Abfall der T_R um 0,2 °C</i>	63
<i>Tabelle 18: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h bei einem Parturition Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,0</i>	65
<i>Tabelle 19: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h bei einem Parturition</i>	

Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,0.....	65
<i>Tabelle 20: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h bei einem PS von mindestens 4,5</i>	67
<i>Tabelle 21: Vergleich der Testempfindlichkeit zwischen Kalbinnen und Kühen bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Parturition Score (STREYL et al., 2011) von mindestens 4,5.....</i>	67
<i>Tabelle 22: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 24 h nach einem Abfall der P4-Konzentration im Plasma auf 1,8 ng/ml</i>	69
<i>Tabelle 23: Testempfindlichkeit bei Vorhersage einer Geburt innerhalb von 12 h nach einem Abfall der P4-Plasma-Konzentration auf 1,13 ng/ml</i>	70
<i>Tabelle 24: Anteil an Fehlalarmen und korrekten Geburtsmeldungen in Abhängigkeit von Temperaturmessungen innerhalb von 12 h vor der Alarmierung</i>	71
<i>Tabelle 25: Anteil an Fehlalarmen und korrekten Geburtsmeldungen in Abhängigkeit eines innerhalb von 12 h vor der Alarmierung erhobenen Parturition Score nach STREYL et al. (2011)</i>	71
<i>Tabelle 26: Liste aller Versuchstiere.....</i>	106
<i>Tabelle 27: Auflistung aller Geburtsmeldungen durch das iVET®-System, wenn innerhalb von 12 h zuvor eine Untersuchung stattfand.....</i>	112
<i>Tabelle 28: Futterration zwei (bei Kalbinnen drei) Wochen vor errechnetem Abkalbtermin</i>	114
<i>Tabelle 29: Zusammensetzung der Kraftfutterration.....</i>	115

X. DANKSAGUNG

An erster Stelle steht der Dank an meinen Doktorvater Prof. Dr. Holm Zerbe: Für die Bereitstellung dreier Dissertationsthemen, für den offenen und flexiblen Umgang mit aufgetretenen Problemen, für einen realistischen Zeitplan, für ein immer offenes Ohr und für vieles andere, was sicher nicht selbstverständlich ist. Nicht zuletzt für das in mich gesetzte Vertrauen im Bezug auf die Dissertation, aber auch auf meine Arbeit in der Klinik ó ein besserer Doktorvater ist schwer vorstellbar!

Genauso wichtig waren aber meine weiteren Betreuer: Danke Doro, für die tolle Einführung, für viele hilfreiche Tipps, für jedes ernste Wort und für so manche praktische Unterstützung. Ich wünsche Dir alles Gute für Deinen weiteren Weg! Dir, Wolfram, für die Englisch-Nachhilfe, fürs Alles-nicht-zu-ernst-nehmen und die kurzen Hilfen zwischendrin. Für jeden Witz zwischen Tür und Angel genauso wie für Zitzenamputation, Torsio und Endoskopie.

Vielen Dank natürlich auch der partnerschaftlichen Zusammenarbeit mit dem Lehr- und Versuchsgut ohne die diese Studie nie zustande gekommen wäre. Prof. Dr. Scholz für die Genehmigung des Versuches, für Schlichtung und den Überblick. Michael Saller für sein organisatorisches Talent, jede praktische Hilfe und allen Informationen auch noch im Nachhinein. Norbert, Leo und Jürgen für diverse Zwangsmaßnahmen, Umgruppierungen und für viele schlaflose Nächte, die ich ihnen bereitet habe. Maren für nächtliche OP-Assistenz. Richard Bätz für die kurze Einführung in die Programmierung. Sebastian nicht nur für VW-Tipps und vor allem Stefan Nüske für viele gute Ideen, so manchen Kaffee und den optimalen Klauenschnitt.

Ganz wichtig ist mir an dieser Stelle auch der Dank an unser tolles Labor-Team! Vielen Dank an Christine Beyer, Ingrid Hartmann, Monika Altmann für die Untersuchung von so vielen Proben, die auch oft noch sehr spät eintrafen. Und vor allem an Sandra Kirsch: über 840 Progesteron-Auswertungen sind bestimmt kein Klacks, aber dazu kam noch die mehrfache Korrektur eines gewissen M&M-Teils und die Einarbeitung meiner doch sehr begrenzten Laborfähigkeiten ó Danke Dir!

Ein ganz wichtiger Dank gilt auch meiner guten Fee im Hintergrund der Klinik: Egal welches Problem auftrat, wer nicht zu sprechen oder zu erreichen war und was alles noch zu erledigen war: Rita wusste Bescheid! Ich habe keine Ahnung, wie viele Waschmaschinen ich ihr mit meinen blinden Unterschriften schon abgekauft habe, aber Danke!

Meinen Eltern danke ich vor allem für die unendliche Unterstützung in jeder Hinsicht: für den rationalen Blick auf so hochschweifende Dinge wie Anatomietestate und Doktorarbeiten, für viele telefonische Kurzberatungen, fürs Mitfühlen und ófiebern und natürlich fürs Korrekturlesen und das Ertragen meines Latein geschädigten Satzbaues.

Besonders möchte ich Dir, Jacquie, danken. Nicht nur für die vielen schlaflosen Nächte, die Geduld bei jedem plötzlich unterbrochenen Feierabend, die Hilfe bei diversen Untersuchungen, sondern natürlich auch fürs Zuhören, das Dasein, das Mitfühlen und Mitfreuen. Als nächstes beenden wir Deine!

Vielen Dank auch an meine Mitdoktoranden, für diverse kurzfristige Einsprünge, Hunde Gassi-führen, viel Verständnis und die hervorragende Atmosphäre an der Klinik. Wir sind eine tolle Truppe, die ich vermissen werde!

Carola Sauter-Louis und Anna Rieger möchte ich für die Unterstützung meiner statistischen Auswertung danken. Dennis, Franzi und nochmals Wolfram dagegen dafür, dass ich Recht behalten durfte und meine berufliche Ausbildung tatsächlich ohne große Englischkenntnisse abschließen konnte.

Natürlich auch Danke an alle anderen in der Klinik: den Oberärzten genauso wie den Pflegern für nützliche Tipps und nette Gespräche!

Der Regierung von Oberbayern danke ich für die Genehmigung meiner Blutentnahmen nach gerade einmal fünf Monaten.

Wer noch fehlt: Sunny, Dolly, Anton und allen weiteren Gästen im Internzimmer für die erholsame Abwechslung zwischendrin! Word für die Korrekturfunktion, und Tastenkürzel®. Meinen Kühen für ihre (fast) grenzenlose Geduld. Aldi für Aufbackpizza und Schokolade.