



# **Untersuchungen zur zyklusabhängigen Vokalisation und Charakterisierung von Verhaltensparametern im periöstrischen Zeitraum von Jungrindern**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae)

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Rostock

Rostock, Januar 2014

**vorgelegt von:**

Stefanie Dreschel, geb. Kriebisch

aus Rostock

geboren am 05. Mai 1978 in Rostock

**Gutachter:**

1. Gutachter:

Prof. Dr. Elmar Mohr  
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,  
Professur Tiergesundheit und Tierschutz, Universität Rostock

2. Gutachter:

Prof. Dr. Klaus-Peter Brüssow  
Institut für Fortpflanzungsbiologie, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN)

3. Gutachter:

Prof. Dr. Martin Wähner  
Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung,  
Hochschule Anhalt (FH)

**Datum der Einreichung:** 11. Februar 2014

**Datum der Verteidigung:** 15. Juli 2014

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung ..... 1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht ..... 3</b>
2.1	Sexualzyklus beim Milchrind ..... 3
2.1.1	Phasen des Sexualzyklus ..... 3
2.1.2	Kennzeichen und klinisch feststellbare Veränderungen der einzelnen Zyklusphasen..... 3
2.1.2.1	Brunst (Östrus) ..... 4
2.1.2.2	Nachbrunst (Postöstrus) ..... 5
2.1.2.3	Zwischenbrunst (Interöstrus) ..... 5
2.1.2.4	Vorbrunst (Proöstrus) ..... 6
2.1.3	Grundzüge der neuroendokrinen Regulation des Sexualzyklus ..... 8
2.1.4	Veränderungen des Sexualverhalten während des Zyklus ..... 9
2.2	Bedeutung des Reproduktionsmanagements und der Brunsterkennung..... 11
2.2.1	Möglichkeiten der Brunsterkennung und Hilfen zur Brunsterkennung ..... 14
2.2.1.1	Parameter zur Beurteilung und Evaluierung der Brunsterkennung..... 14
2.2.1.2	Visuelle Brunsterkennung ..... 15
2.2.1.3	Hilfsmittel und technische Systeme zur Brunsterkennung ..... 18
2.2.1.4	Auswahl eines geeigneten Brunsthilfsmittels ..... 24
2.3	Vokalisation bei Rindern ..... 27
2.3.1	Aspekte der akustischen Signale als Nachricht ..... 27
2.3.2	Informationen der Laute bei Rindern und anderen Paarhufern..... 29
2.3.3	Lauterzeugung - physiologische Grundlagen unter Berücksichtigung der „Quelle-Filter-Theorie“ ..... 32
2.3.4	Analyse von Lauten in der Bioakustik ..... 34
2.3.4.1	Merkmalsgewinnung aus Lauten ..... 34
2.3.4.2	Kurzzeitanalyse ..... 35
2.3.4.2.1	Zeitbereichsmerkmale ..... 36
2.3.4.2.2	Spektrumanalyse ..... 36
2.3.4.2.3	Cepstrumanalyse ..... 37
2.3.4.2.4	Lineare Vorhersage (LinearPredictionCoding)..... 38
2.3.4.2.5	Sonstige Ansätze ..... 39
<b>3</b>	<b>Aufgaben- und Zielstellung..... 40</b>
<b>4</b>	<b>Material und Methoden..... 43</b>

4.1	Versuchstiere .....	43
4.2	Tierhaltung und Fütterung .....	43
4.3	Brunstbeobachtung .....	44
4.4	Experimentelles Design .....	45
4.5	Datenerfassung .....	48
4.5.1	Messung von Hormonkonzentrationen in Körperflüssigkeiten .....	48
4.5.2	Methodik und Analyse von Lautsignalen .....	49
4.5.2.1	Prinzip der akustischen Lautaufnahmen .....	49
4.5.2.2	Analyse der Lautaufnahmen .....	50
4.5.2.3	Prinzip der akustischen Lautmerkmalsgewinnung und Lautklassifikation .....	52
4.5.3	Erfassung der Verhaltensparameter im periöstrischen Zeitraum und Interöstrus in Gruppenhaltung .....	54
4.6	Datenaufbereitung und -auswertung .....	55
4.6.1	Berechnung der Lautereignisse, Lautkomponenten und Hormonkonzentrationen sowie Kalkulation der Effizienz der Vokalisationsmethode .....	55
4.6.2	Berechnung der Verhaltensparameter in Gruppenhaltung .....	59
4.6.3	Statistische Auswertung .....	60
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>62</b>
5.1	Quantifizierung des Vokalisationsverhaltens .....	62
5.1.1	Vokalisation in Anbindehaltung .....	62
5.1.1.1	Gesamtvokalisation mit Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Verlauf .....	62
5.1.1.2	Tageszeitliche Verteilung der Vokalisation am Östrus .....	64
5.1.1.3	Ausmaß des individuellen Vokalisationsverhaltens .....	65
5.1.2	Vokalisation in Gruppenhaltung .....	66
5.1.2.1	Gesamtvokalisation, Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Verlauf .....	66
5.1.2.2	Tageszeitliche Verteilung der Vokalisation am Östrus .....	68
5.1.2.3	Ausmaß des individuellen Vokalisationsverhaltens .....	69
5.1.3	Betrachtungen zur Vokalisation beider Haltungssysteme der Anbinde- und Gruppenhaltung .....	70
5.1.3.1	Vokalisationsverhalten .....	70
5.1.3.2	Bestimmung der Lautstrukturen am Gesamtlaut .....	72
5.1.3.3	Anteil harmonischer und disharmonischer Lautkomponenten an der Gesamtvokalisation .....	73
5.1.3.4	Visuelle Brunstfeststellung und Effizienz der Methode der quantitativen Lautmessung .....	74
5.2	Quantifizierung ausgewählter Verhaltensparameter in Gruppenhaltung .....	76
5.2.1	Zykluslänge und Brunstmerkmale am Brunsttag .....	76

5.2.2	Expression der Brunstverhaltensparameter.....	78
5.2.3	Ausmaß und Dauer der Brunstmerkmale in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere und im Interöstrus .....	79
5.2.4	Beziehungen zwischen Parametern des Verhaltens und den Steroidhormonkonzentrationen sowie der Vokalisation .....	82
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>83</b>
6.1	Anwendbarkeit der Methoden der Verhaltens-Punkte und der sensorbasierten Vokalisationsaufnahme, -messung und -analyse zur Brunsterkennung .....	83
6.2	Vokalisation beim Rind .....	87
6.2.1	Vergleichende Betrachtung des Vokalisationsverhaltens in beiden Haltungssystemen .....	87
6.2.2	Vergleich der harmonischen und disharmonischen Lautabschnitte an der Gesamtvokalisation beider Haltungssysteme .....	91
6.2.3	Charakterisierung akustischer Signale im sexuellen Kontext und weitere Aspekte vokalen Verhaltens .....	93
6.3	Vergleichende Betrachtung der Verhaltensparameter im periöstrischen Zeitraum und Interöstrus.....	99
6.3.1	Individuelle Verhaltensweisen und Zykluslänge .....	99
6.3.2	Brunstintensität in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere...	103
6.3.3	Einflussfaktoren auf das Brunstverhalten und die Brunsterkennung.....	105
6.4	Sensitivität der visuellen Brunstbeobachtung in Kombination mit der quantitativen Vokalisationsmethode .....	106
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>109</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>112</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>114</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	
<b>12</b>	<b>Anhang</b>	

**Abkürzungsverzeichnis**

Anb	Anbindehaltung
BER	Brunsterkennungsrate
Besprungen w. n. d.	Besprungen werden nicht dulden
BNR	Brunstnutzungsrate
Brülle	Brülleinheiten
Brüll <sub>rel</sub>	relativer disharmonischer (Brüll)Anteil
C. l.	Corpus luteum
DH	Deutsche Holstein
d (d 0)	Zyklustag (Brunsttag)
i.m.	intramuskulär
E <sub>2</sub>	Östradiol-17 $\beta$
FFT	Fast-Fourier-Transformation
FR	Fehlerrate
FWZ	Freiwillige Wartezeit
Gru	Gruppenhaltung
GW	Grenzwert
h	Stunde
HVL	Hypophysenvorderlappen
k.A.	keine Angaben
KR	Konzeptionsrate
LH	Luteinisierendes Hormon
LSM	Least Square Means
max.	maximal
mind.	mindestens
MuHE	Muheinheiten
MuH <sub>rel</sub>	relativer harmonischer (Muh)Anteil
„nach“	Interöstrus d +3 bis d +10 nach d 0
n.k.	nicht kalkulierbar
n.s.	nicht signifikant
ng	Nanogramm
o.g.	oben genannt
P <sub>4</sub>	Progesteron
pg	Pikogramm
postOe	Nachbrunst (Postöstrus)

proOe	Vorbrunst (Proöstrus)
PGF <sub>2a</sub>	Prostaglandin F2 alpha
RZ	Rastzeit
RIA	Radioimmunassay
SE	Standard Error
TiBr	Tier in Brunst (gleichzeitig)
TS	Trockensubstanz
TMR	Totale Mischration
Tagg	Taggruppe, in Gruppen vereinte Zyklustage (Phase)
U · min <sup>-1</sup>	Umdrehungen pro Minute
µg	Mikrogramm
V <sub>täg</sub>	tägliche Vokalisation
V <sub>ges</sub>	Gesamtvokalisation
V <sub>rel</sub>	relative Vokalisation
„vor“	Interöstrus d -9 bis d -3 vor d 0
ZKZ	Zwischenkalbezeit
ZTZ	Zwischentragezeit

# 1 Einleitung

Ein optimales Herdenmanagement ist eine wichtige Voraussetzung für eine wirtschaftliche Milchproduktion. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen werden Wirtschaftlichkeit und Effizienz im Bereich der Milchviehhaltung neben der Fütterung vor allem von einer guten Herdengesundheit, einer hohen Fruchtbarkeit und damit von der Nutzungsdauer der Milchkühe bestimmt. Nicht immer sind diese Bereiche konfliktfrei aufeinander abgestimmt. Im Herdenmanagement hat in diesem Zusammenhang, im Rahmen des Precision Livestock Farming, der Einsatz von Sensoren und Mikroprozessoren, u.a. zur Verbesserung der Brunsterkennung, stark an Bedeutung gewonnen. Die Möglichkeiten, die durch die Anwendung gegeben sind, umfassen in verschiedenen Bereichen schon jetzt eine zeitnahe individuelle und genaue computergestützte Tierkontrolle und -überwachung (BREHME et al., 2005, 2008). Angesichts der Schwierigkeiten einer erfolgreichen Brunsterkennung (NEBEL, 2003; LOPEZ et al., 2004; ZUBE & FRANKE, 2007), die in vielfältigen tier- und managementspezifischen Ursachen begründet sind, steht hierbei die Wirtschaftlichkeit des Verfahrenseinsatzes in Verbindung mit einer wirksamen Verbesserung der Brunsterkennungsrate und der daraus folgenden Reduzierung finanzieller Verluste im Vordergrund. Der sicheren und effektiven Brunsterkennung kommt somit eine Schlüsselfunktion bei der Wahl des Besamungszeitpunktes zu, welcher den Konzeptionserfolg und folglich die Herdenfruchtbarkeit beeinflusst.

Vor dem geschilderten Hintergrund sind Kenntnisse über geeignete Verhaltensmerkmale im periöstrischen Zeitraum notwendig. Das primäre Brunstmerkmal ist der Duldungsreflex, der eine wichtige Rolle für eine zeitgenaue Insemination spielt. Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass die Duldung zunehmend von weniger Tieren und in geringerem Umfang gezeigt wird, als noch vor einigen Jahren (NEBEL & JONES, 2002; WALKER et al., 2010). Auf der Suche nach neuen Ansätzen kann die Vokalisation des weiblichen Rindes als ein sekundäres Brunstmerkmal in Betracht kommen. In einer ersten Studie in Anbindehaltung ist ein Vokalisationsanstieg zum Brunsthöhepunkt sowie eine veränderte Lautstruktur aufgezeigt worden (SCHÖN et al., 2007). Weitere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum und praxisnahe Haltungssysteme liegen hierzu nach der Erkenntnis der Verfasserin nicht vor, so dass eine Erweiterung des Kenntnisstandes zum Lautverhalten während des Sexualzyklus erforderlich ist.

Mit der dieser Arbeit zugrunde liegenden Methode der automatischen ereignisorientierten Lautaufnahme können ausreichend genaue und aussagefähige Informationen geliefert werden. Bisher ist die Vokalisation während des Sexualzyklus sowie auch in anderen



Haltungsformen noch nicht hinreichend verifiziert worden. Die vorliegenden Untersuchungen der Laut- und Verhaltensbeobachtung sollen einen Beitrag zur Einschätzung der Aussagefähigkeit von Vokalisationsdaten im periöstrischen Zeitraum über mehrere Brunstperioden in zwei Haltungsformen leisten, sowie genauere Informationen zur Beziehung von Vokalisation und ausgewählten Verhaltensparametern zur Brunst liefern.

## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Sexualzyklus beim Milchrind**

#### **2.1.1 Phasen des Sexualzyklus**

Die physiologischen Vorgänge an den weiblichen Geschlechtsorganen laufen beim nichttragenden, domestizierten Rind der europäischen Nutzungsrassen ganzjährig periodisch (polyöstrisch) ab. Die Zeitspanne zwischen zwei Brunsten wird dabei als Brunstzyklus bezeichnet. Im Allgemeinen findet eine Brunst im Durchschnitt alle 21 (19 - 25) Tage statt (SAVIO et al., 1988; HAFEZ & HAFEZ, 2000; BLEACH et al., 2004). Die Tage können aber auch individuell kürzer oder länger (18 bis > 25 d) ausfallen, bei Jungtieren sind es durchschnittlich 20 Tage (TRIMBERGER, 1956; MORROW et al., 1976; SAVIO et al., 1990). Liegen die Brunstabstände außerhalb der genannten Tage, deutet dies auf einen unregelmäßigen Sexualzyklus (MARX et al., 1988; BOSTEDT, 2003) oder eine unzureichende Brunstbeobachtung hin (DE KRUIF et al., 2006).

Hormonale Veränderungen während des Sexualzyklus steuern morphologische und funktionale Strukturen des Ovar sowie tubuläre Genitalien (Eileiter, Gebärmutter, Gebärmutterhals, Vagina) (LÖFFLER, 1994). Als biphasischer Zyklus umfasst der Brunstzyklus eine sich regelmäßig ablösende Follikel- (Follikular) und Gelbkörperphase (Lutealphase) und wird erst mit dem Erreichen der Geschlechtsreife sowie einem ausreichenden Synchronismus der Rückkopplungsmechanismen etabliert (MEINECKE, 2010). Die physiologische Regulation dieser Prozesse erfolgt mittels eines komplexen Regelmechanismus der hierarchisch angeordneten Systeme Hypothalamus, Hypophyse und Ovar.

#### **2.1.2 Kennzeichen und klinisch feststellbare Veränderungen der einzelnen Zyklusphasen**

Allgemein wird aufgrund der hormonalen Veränderungen der zeitliche Ablauf des äußeren Sexualzyklus in folgende vier Phasen untergliedert: Östrus, Metöstrus (Postöstrus), Diöstrus (Interöstrus) und Proöstrus (RATHBONE, 2001; BUSCH, 2004). Im Wesentlichen prägen zwei diskrete Phasen das Sexualverhalten: Duldung (Östrus) und indifferentes Verhalten der Ablehnung des Sexualpartners (Ruhephase, Interöstrus). Die Vorbrunst und Nachbrunst stellen Übergangsphasen dar (HOLTZ & MEINHARDT, 1993). Im Gegensatz zur strikten zeitlichen Abgrenzung des Östrus, der sich in die Abschnitte der

frühen Brunst und Hauptbrunst untergliedert (BOSTEDT, 2003), gehen die Übergänge der Nach-, Zwischen- und Vorbrunst allmählich und nahtlos ineinander über und fallen in ihrer zeitlichen Dauer interindividuell sehr verschieden aus (GRUNERT, 1999).

### 2.1.2.1 Brunst (Östrus)

Äußerlich erkennbares Merkmal des endokrinen zyklischen Geschehens ist der *Östrus* - entlehnt dem griechischen *oistros* für rasendes, wahnsinniges Verhalten -, der Tag 0 (d 0) an dem Paarungsbereitschaft besteht.

Tab. 2.1: Dauer des Östrus beim Rind anhand eines definierten Merkmals nach verschiedenen Autoren (h  $\pm$  SD, wenn beschrieben)

Quelle	Anzahl Tiere/ Östrus (n)	Merkmal	Östrusdauer (h)
TRIMBERGER u. DAVIES (1943)	25/-	Bulle	18
HALL et al. (1959)	270/ 1460	Duldung	11,9 $\pm$ 6,9 (2 - 46)
MORROW (1970)		Duldung	12 – 18
SCHAMS & BUTZ (1972)	19/28	rektale Palpation	16,0 $\pm$ 5,0
SCHAMS et al. (1977)	- /28	Sekret (eWS)	16,9 $\pm$ 4,9
WALKER et al. (1996)	51/ 88	Heat Watch, US	9,5 $\pm$ 6,9
DRANSFIELD et al. (1998)	- /2055	Heat Watch, US	7,1 $\pm$ 5,4 (33 min - 36 h)
RAE et al. (1999)	164/ -	Duldung (Aufsprung- detektor)	9,38 $\pm$ 0,7 (Angus) 6,65 $\pm$ 1,2 (Brahman) 11,9 $\pm$ 1,2 (Kreuzung)
HAFEZ & HAFEZ (2000)			18 – 19
ROELOFFS et al. (2005b)	49/ 63	Pedometer Verhalten	10,0 $\pm$ 4,2 11,8 $\pm$ 4,4
ROELOFFS et al. (2005a)	67/89	Verhalten	11,8 $\pm$ 4,4
MONDAL et al. (2006)	12/ -	Verhalten	12,6 $\pm$ 1,34
MONDAL et al. (2008)	27/67	Verhalten	17,1 $\pm$ 3,3 (Jungrind) 11,7 $\pm$ 2,7 (Kuh)

A - Aufsprung, D - Duldung, eWS - elektrischer Widerstand, Ov - Ovulation, US - Ultraschall

Aus dem Schamspalt fließt klarer und wenig viskoser zervikaler Schleim (FOOTE, 1975), der diskontinuierlich ausgeschieden wird. Er reicht oft als langer Strang bis zum Boden, so

dass Schleim und -krusten in Höhe der Scham an der Schwanzseite und den Sitzbeinhöckern anhaften (VARNER & GRAY, 1987; HOLTZ & MEINHARDT, 1993). Dieser weist einen hohen Natriumchloridgehalt auf, der beim Eintrocknen ein charakteristisches Kristallisationsmuster (Farnkraut) aufzeigt (ALLISTON et al., 1958; PHILLIPS, 2010). Der elektrische Widerstand (METZGER et al., 1972) und Trockensubstanzgehalt des Schleimes während der Brunst verringert sich und es findet ein Absinken des pH-Wertes statt (SCHLLING & ZUST, 1967).

Die durchschnittliche Brunstdauer beträgt zwischen 7 und 18 h (Tab. 2.1). Sie wird beeinflusst von tierindividuellen und umweltbedingten Faktoren wie beispielsweise Alter, Rasse, Milchleistung, Fütterungs- und Haltungsbedingungen, Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere und Umwelttemperatur (ORIHUELA, 2000).

### **2.1.2.2 Nachbrunst (Postöstrus)**

In unmittelbarem Anschluss auf die Phase der sexuellen Aktivität folgt die etwa 2 - 3 d kurze Zeitspanne der Nachbrunst (Metöstrus), die bis zum Beginn der eigentlichen sexuellen Ruhephase (Diöstrus) dauert. In dieser Zeit lassen sowohl Sexualaktivität als auch exogene und endogene Östrussympptome deutlich nach und erlöschen zum Ende der Phase gänzlich (Tab. 2.2). Am Tag 1, etwa 25 - 30 h nach Beginn (MEINECKE, 2010; ROELOFFS et al., 2010) und etwa 10 (0 - 24) h nach Ende des Östrus (HALL et al., 1959; HOLTZ & MEINHARD, 1993) erfolgt die Ovulation, die eine befruchtungsfähige Eizelle (Oozyte) in den Eileiter freilässt (FORDE et al., 2011). Die 4 - 6 d andauernde Follikularphase wird von der nun folgenden Lutealphase abgelöst, in der Progesteron (P<sub>4</sub>) das dominierende Hormon ist. Kurz vor dem endgültigen Schluss des Zervikalkanals kann es etwa 48 h nach Brunstbeginn (MORROW, 1970; FOOTE, 1975) zum Abgang von blutigem Schleim aus kapillaren Blutungen in das Uteruslumen kommen, dem so genannten Abbluten (LOEFFLER, 1994; JAINUDEEN & HAFEZ, 2000), welches TRIMBERGER (1941) und HANSEL & ASDELL (1952) häufiger bei Färsen als bei Kühen beobachteten.

### **2.1.2.3 Zwischenbrunst (Interöstrus)**

Die anschließende Phase sexueller Ruhe entspricht etwa der Dauer der Lutealphase und umfasst das längste Intervall vom Metöstrus bis zum Wiederbeginn der sexuellen Aktivität mit etwa 16 d. Häufig tritt aufgrund der wellenförmigen Follikelanbildung, zwischen Tag 7 und 11 ein Gipfel im Plasmagehalt an Östradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>) und LH auf, ohne das bei

Vorhandensein eines funktionsfähigen Corpus luteum (C. l.) mit gleichzeitig hoher P<sub>4</sub>-Konzentration eine Ausreifung eines Tertiärfollikels erfolgt (ROBINSON, 1977). Infolge dessen kann es zu östrusähnlichen Verhaltensänderungen kommen, die z.T. zu Fehlinterpretationen des Zyklusstandes führen. Beispielsweise zeigen auch im zweiten Trimester trächtige Tiere aufgrund des erhöhten Östradiolspiegels Aufsprungverhalten (SAMBRAUS, 1969; DIJKHUIZEN & VAN EERDENBURG, 1997; BUSCH, 2004; O'CONNOR, 2007).

#### **2.1.2.4 Vorbrunst (Proöstrus)**

In die letzten zwei bis vier Tage des vorherigen Zyklus fällt der Proöstrus, der einer neuen Brunst vorangeht (Tab. 2.2). Er umfasst den Zeitraum des Einsetzens charakteristischer Verhaltensänderungen und sexualspezifischer Aktivitäten (BOSTEDT, 2003) und endet mit Beginn des Östrus (HURNIK et al., 1975). Der Wechsel im äußerlich erkennbaren Verhalten mit der klinischen Ausprägung der Brunsterscheinungen wird nur bei Abfall des P<sub>4</sub>-Blutspiegels ausgelöst, wenn die E<sub>2</sub>-Plasmakonzentration einen bestimmten Schwellenwert erreicht (VAILES et al., 1992). Dieser brunstauslösende Effekt nach dem „Alles-oder-nichts-Prinzip“ (ALLRICH, 1994) führt nach dem Erreichen des Schwellenwertes bei einer vermehrten Ausschüttung des E<sub>2</sub> nicht zu einer verstärkten Intensität der Brunstexpression. In Gegenwart einer hohen P<sub>4</sub>-Konzentration wird der Östrus, trotz ausreichender E<sub>2</sub>-Konzentration verhindert (negative Rückkopplung).

Tab. 2.2: Kennzeichen von Verhaltensmerkmalen und klinischen Parametern in brunstnahen Zyklusphasen mit Angaben zur Dauer des Östrus beim weiblichen Rind nach Literaturangaben (nach HURNIK et al., 1975; JAINUDEEN & HAFEZ, 2000; CROWE, 2002; BOSTEDT, 2003)

	Proöstrus (Vorbrunst)	Östrus (Hochbrunst)	Metöstrus (Nachbrunst)
Zyklusstag	d 18/19 - 20 (-2, -1) (6 - 10 h vor Brunstbeginn)	d 21= 0 (0 - 24/36 h)	d 1-2 (+1, +2)
Veränderungen 1. des Verhaltens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ↑Unruhe; Bewegungsaktivität</li> <li>- ↑Kontakt u. drängen zu Tieren</li> <li>- Aufsprung(versuche), Kinn auflegen</li> <li>- ↓Futteraufnahme und Liegeverhalten</li> <li>- ↑Vokalisationen (Intervall- Muhen besonders bei Anbindehaltung)</li> <li>- verschiedene Phasen investigativen Verhaltens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ø 7-16 h Duldungsreflex (engl. standing heat): Bewegungsintensität lässt nach, Tiere bleiben stehen, lassen sich bespringen</li> <li>- gegen Ende (24-36 h): Rückkehr zur allg. Ruhe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ↓Duldungsreflex erloschen</li> <li>- zum Teil Verhalten wie im Proöstrus</li> </ul>
2. äußerlich sichtbar (exogene Symptome)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rot geschwollene Scham (Beginn)</li> <li>- beginnende Hyperämie u. ↑Feuchtigkeit der Vaginalschleimhaut (glatt- glänzend)</li> <li>- zähflüssiges Sekret</li> <li>- ↑Absatz an Urinmengen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schamlippen aufgequollen, glatt</li> <li>- Abgang von deutlich fadenziehendem Sekret (Brunstschleim), rötlich glatt-glänzende, feuchte Oberfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fätielung der Schamlippen beginnt</li> <li>- ↓Sekret, Schleimhaut blass, wenig feucht</li> <li>- Abgang geringer Mengen blutigen Sekrets („Abbluten“) infolge östrogenbedingter Hyperämie</li> <li>- zu Beginn weniger starke, später gering-schlaffe Gebärmutterspannung</li> <li>- innere Schleimhaut gefätielt, blassrosa, wenig feucht</li> <li>- Ovulation</li> <li>- ↓Sekretbildung</li> <li>- offener Muttermund schließt sich (davor blutige Schleimabgabe)</li> <li>- C. I. Anbildung</li> </ul>
3. am Eierstock (endogene Symptome)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beginnende Aufquellung der inneren Schleimhaut</li> <li>- ↑Gebärmutterspannung</li> <li>- Wachstum Tertiärfollikel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innere Schleimhaut rötlich, feucht, glatt- glänzend</li> <li>- Muttermund offen, massive Sekretbildung</li> <li>- ↑Gebärmutterspannung</li> <li>- Reifung Tertiärfollikel</li> </ul>	
Besamungs- Zeitpunkt	gut	optimaler Zeitpunkt	gut

### 2.1.3 Grundzüge der neuroendokrinen Regulation des Sexualzyklus

Als übergeordneter zentraler Regler im neuroendokrinen Regelkreis steht der Hypothalamus im Zentrum der Steuerung der Sexualfunktionen des weiblichen Tieres (KARSCH et al., 1992; SCHMIDT-NIELSEN, 1999). Er empfängt sowohl sensorische Impulse aus dem Zentralnervensystem via Neurotransmitter, als auch endokrine Signale beispielsweise aus der Zirbeldrüse, die diese vom hypothalamischen Nucleus suprachiasmaticus als photoperiodisch beeinflussten Zeitgeber erhält (KARSCH et al., 1984; TUREK, 1987; MOHR, 2010).

Wesentliche Bestandteile des komplexen Regelsystems sind die nachgeordnete Adenohypophyse (Hypophysenvorderlappen, HVL), Strukturen des Genitaltraktes mit dem Ovar und seinen Funktionsgebilden (Follikel, Corpus luteum) und dem Uterus sowie die produzierten Hormone (KÖHRLE & PETRIDES, 2007; FORDE et al., 2011).

Das Neurosekret Gonadotropin-Releasing Hormon (GnRH), auch als Luliberin bezeichnet, ist das wichtigste Steuerungshormon des Hypothalamus (MEINECKE, 2010). GnRH gelangt durch ein Pfortadersystem in den HVL (KÖHRLE & PETRIDES, 2007). Dort stimuliert es die Synthese und Sekretion der Gonadotropine Luteinisierendes Hormon (LH) und Follikelstimulierendes Hormon (FSH) (KARSCH et al., 1992). Beide Hormone gelangen über den Blutkreislauf zu den Eierstöcken. Die Konzentration des FSH, Hauptstimulus bei der Follikelentwicklung, steht in enger Beziehung zum Wachstum der Follikel in den Follikelreifungswellen. Dies führt zu einem ebenfalls wellenförmigen Konzentrationsverlauf des vom Follikel vorherrschend synthetisierten und sezernierten Östradiols und Inhibins (SCHAMS et al., 1977; DRIANCOURT, 2001). LH stimuliert die Synthese von Androgenen in den Thekazellen des Follikels. Diese Androgene werden in die Granulosazellen transportiert und dort über eine FSH-abhängige Aromatase in Östrogene, vor allem Östradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>), aromatisiert (MCNATTY et al., 1984). Die zunehmende E<sub>2</sub>- und Inhibinsekretion des Follikels hemmt über ein negatives Feedback zunächst die Sekretion des FSH im HVL durch die Bindung von Östrogenen an den Gonadotropin-synthetisierenden Zellen. Von den Follikeln der frühen Follikelphase überlebt nur einer, dem es gelingt sein Wachstum und seine Östrogensynthese mithilfe des LHs aufrechtzuerhalten (KOLB, 1989; MEINECKE, 2010).

In der Follikularphase des Proöstrus löst ein durch den Graafschen Follikel verursachter verstärkter Anstieg der E<sub>2</sub>-Konzentration im Blut bei Überschreiten eines tierartspezifischen Schwellenwertes zwei miteinander verbundene Prozesse aus. Zum

einen werden zunächst typische Verhaltensänderungen mit der Brunst hervorgerufen (SCHAMS et al., 1977; IRELAND, 1987; NEBEL & JONES, 2002). Zum anderen bewirkt der  $E_2$ -Anstieg eine erhöhte Sensitivität der Gonadotropin-synthetisierenden Zellen im HVL, die abhängig von einer bestimmten Höhe der Zunahme der  $E_2$ -Konzentration wiederum die Sekretion von LH und auch FSH im ovulationsnahen Zeitraum für ein paar Stunden stark ansteigen lässt (KARG & SCHALLENBERGER, 1983). Die ansteigende Östrogenkonzentration löst über ein positives Feedback die vermehrte Ausschüttung von LH im HVL und damit den präovulatorischen LH-Gipfel (Peak) aus, der den Zeitpunkt der Ovulation bestimmt (KANITZ et al., 2003; ROELOFFS et al., 2010). Unmittelbare Voraussetzung ist ein pulsatiler GnRH-Anstieg, der als neuroendokrines Signal den präovulatorischen LH-Gipfel induziert (KARSCH et al., 1992; 1997). Die Ovulation findet im Mittel 26 (19 - 33) h nach dem LH-Peak statt (SCHAMS et al., 1977; KANITZ et al., 1996; SAUMANDE & HUMBLLOT, 2005). Im Bereich der ovulierten Stelle des Follikels bildet sich durch Umformung unter LH-Einfluss ein Gelbkörper heran (Luteinisierung). Dessen zunehmendes Wachstum erhöht die Synthese und Sekretion des Steroidhormons Progesteron ( $P_4$ ), welches für die nächsten 14 - 18 d ins periphere Blut sezerniert wird (Lutealphase). Der anhaltend hohe  $P_4$ -Konzentrationsspiegel bewirkt eine Reduktion der GnRH-Sekretion aus dem Hypothalamus (negative Rückkopplung) (MEINECKE, 2010; CROWE, 2002).

Die Steroidhormone  $E_2$  und  $P_4$  kontrollieren die Gonadotropinsekretion über ein Feedbacksystem. Die Anwesenheit von  $E_2$  mit einer hohen  $P_4$ -Konzentration in der Lutealphase, veranlasst eine Reduzierung der pulsatilen gonadotropen Hormonsekretion. Während es bei einer Konstellation mit niedrigerer  $P_4$ -Konzentration (Follikularphase), zu einer ansteigenden GnRH- und LH-Pulsfrequenz und letztendlich massiven Freisetzung des GnRH und LH kommt, die für eine Ovulation benötigt wird (KARSCH et al., 1992; CROWE, 2002).

Zur weiteren Einordnung bezüglich der Regulation und des Ablaufes der neuroendokrinen Steuerung des Sexualzyklus sei an dieser Stelle auf das Schrifttum mit Arbeiten von IRELAND (1987), LUCY et al. (1992) und MEINECKE (2010) verwiesen.

#### **2.1.4 Veränderungen des Sexualverhalten während des Zyklus**

Als genauestes und sicherstes Anzeichen für eine Hochbrunst gilt allgemein das *primäre Brunstmerkmal* Duldung, d. h. während der Duldungsphase steht die Kuh beim Aufsprung



eines Bullen oder eines anderen Herdenmitgliedes ruhig (HURNIK et al., 1975; BUSCH, 2004; Abb. 2.1). Dabei stellt die Duldung nicht das alleinige Merkmal dar. Neben ihr treten im Östrus im Vergleich zum Diöstrus vermehrt so genannte sekundäre Verhaltensanzeichen auf. Nach ESSLEMONT et al. (1980) wird diese Phase auch „Periode des intensivierten Verhaltens“ genannt und ist für die Erkennung des Östrus von großer Bedeutung (VAN EERDENBURG et al., 1996; WALKER et al., 2008). Neben denen in Abbildung 2.1 aufgeführten Verhaltensweisen sind dies: das Ablegen des Kinnes auf das Becken eines anderen Tieres, Drängen an Nachbartiere, Beriechen, Lecken des Anogenitalbereiches (Vulva), Vokalisation, verkürzte Liegezeit, Reiben und aggressives Verhalten wie Stoßen mit dem Kopf in die Seite, Kopfkontakt, Flehmen sowie nicht geduldete Aufsprungversuche, bei denen sich das besprungene Tier weg bewegt (HURNIK et al., 1975; PHILLIPS & SCHOFIELD, 1990; VAN EERDENBURG et al., 2002; KERBRAT & DISENHAUS, 2004; SVEBERG et al., 2011).

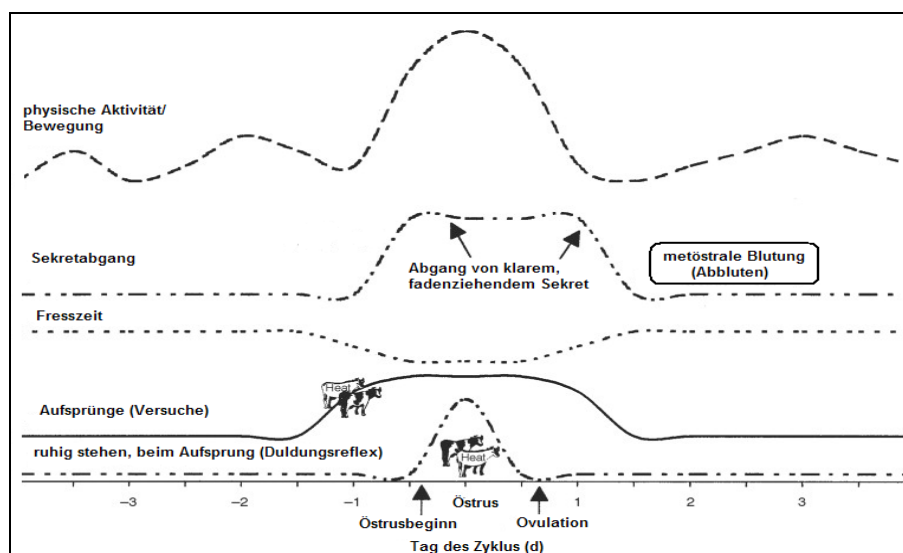


Abb. 2.1: Relative Veränderungen der Primär- und Sekundär-Verhaltensmerkmale weiblicher Tiere im brunstnahen Zeitraum (nach O'CONNOR, 2007; weißes Tier = brünstiges Tier)

Von vielen Autoren wurde das Brunstverhalten unter verschiedenen Gesichtspunkten klassifiziert. BEACH führte 1976 die Begriffe der „sexuellen Attraktivität, Prozeptivität“ (sexuelle Paarungsbereitschaft) und „Rezeptivität“ (Empfängisbereitschaft) des weiblichen Geschlechts ein. Weibliche östrische Tiere erleichtern dem männlichen Tier die effektive Auffindung des Paarungspartners neben visuellen, akustischen und haptischen durch olfaktorische und gustatorische Signale. Dabei bewirkt Östrogen - vor allem olfaktorisch und gustatorisch - eine erhöhte Attraktivität des weiblichen Tieres für den männlichen Partner und induziert ein aktives, auf die Herbeiführung der Paarung orientiertes Verhalten

(BEACH, 1976; HAFEZ & HAFEZ, 2000). Brünstige Tiere suchen die Nähe des Bullen (BOSTEDT, 2003) und nehmen schließlich eine Körperhaltung ein, die optimale Voraussetzungen für die Durchführung der Kopulation bietet (HAFEZ & HAFEZ, 2000).

In Gruppenhaltung wie der Laufstall- und Weidehaltung bilden häufig Tiere, die sich in einer ähnlichen Brunst- oder brunstnahen Zyklusphase befinden sexuell aktive Gruppen (SAG), die wenn vorhanden den Bullen mit einschließen (WILLIAMSON et al., 1972b; CROWE, 2002). Des Weiteren bewegen sich brünstige Tiere kreisförmig oder stehen parallel verkehrt zusammen, verfolgen und belecken sich gegenseitig (BUSCH, 2004). Die sonst übliche Distanzbereitschaft zum Nachbartier oder Menschen ändert sich in eine vermehrte Neugierde und Kontaktsuche.

Brunstpheromone werden vom östrischen Tier durch zusätzlich vermehrtes Absetzen von Urin und Kot in die Umwelt abgegeben und lösen beim männlichen Empfänger eine angeborene Verhaltensreaktion aus (HOLTZ & MEINHARDT, 1993; CLAUS, 1994). Gerüche, insbesondere Pheromone, werden durch Flehmen beim Rind über die Nase und das vomeronasale Organ aufgenommen (BOUISSOU et al., 2001), wobei am Tag des Östrus (PHILLIPS, 2002) hauptsächlich das olfaktorisch nasale System wirksam ist. FRENCH et al. (1989) postulierten, dass Bullen eine Veränderung der Pheromonsekretion brünstiger Tiere bis zu vier Tage vor dem Östrus feststellen können. Bei anderen männlichen Huftieren, wie Schafen, Ziegen, aber auch Elefanten konnte solch ein flehmenartiges Verhalten in Abhängigkeit vom weiblichen Zyklusstatus ebenso beobachtet werden (LADEWIG et al., 1980; RASMUSSEN et al., 1982).

## **2.2 Bedeutung des Reproduktionsmanagements und der Brunsterkennung**

### *Messung von Reproduktionsparametern und der Einfluss der Brunsterkennungsrate*

Weibliche Fruchtbarkeit ist definiert als Fähigkeit eines Tieres zur Fortpflanzung (BOSTEDT, 2003). Eine gute Fortpflanzungsleistung besteht allgemein in der regelmäßigen Geburt eines lebensfähigen Kalbes pro Kuh und Jahr. Dieses Ziel wird auf zwei Wegen erreicht. Zum einen braucht es ein zyklisches Tier, welches die Brunst anzeigt und zum anderen eine Insemination, die zur Trächtigkeit führt (LØVENDAHL & CHAGUNDA, 2010). Das Reproduktionsmanagement trägt auf der Grundlage einer guten Herdenfruchtbarkeit zum wirtschaftlichen Erfolg der Milchproduktion bei. Da die Leistungsfähigkeit der Tiere in unmittelbarem Zusammenhang mit deren Gesundheit und Fruchtbarkeit steht, sind managementbezogene Entscheidungen von erheblicher

Bedeutung bei der Optimierung und Qualitätssicherung in der Milchproduktion (SENGER, 2001). Diese Entscheidungen basieren auf der Kenntnis wichtiger Fruchtbarkeitskennziffern und deren Berechnung, von denen einige in Tabelle 2.3 zusammengefasst sind.

Tab. 2.3: Definition der Fruchtbarkeitskennziffern, die die Fruchtbarkeitsleistung einer Herde betreffen (FEUCKER, 2005; SENGER, 2003; HEUWIESER, 2006)

Brunsterkennungsrate (BER) und Brunstnutzungsrate (BNR):

$$\frac{\text{Anteil Erkennung/Nutzung der Brunsten in einer bestimmten Zeit} \times 100}{\text{Anteil zur Beobachtung/EB (nach Rastzeit/FWZ) vorgesehener Tiere}}$$

Konzeptionsrate (KR) / Trächtigkeitsrate (TR) nach Erstbesamung (TREB):

$$\frac{\text{Anzahl trächtiger Tiere nach EB zu einer bestimmten Zeit (21 d)} \times 100}{\text{Gesamtanzahl der zur Erstbesamung vorgesehenen Tiere}}$$

Güstzeit (GZ) oder Zwischentragezeit (ZTZ, engl. „days open“): = RZ + VZ

Intervall zwischen Abkalbung und erfolgreicher Besamung (Ziel: 85 - 125 d leistungs- und konditionsabhängig, betriebsspezifisch)

Rastzeit (RZ):

Intervall zwischen Abkalbung und Erstbesamung (Ziel Kühe: 42 - 90 d leistungs- und körperkonditionsabhängig), wird bestimmt durch FWZ und BNR

Verzögerungszeit (VZ):

Zeitspanne zwischen erster und erfolgreicher Bes., abhängig von BNR und KR

Freiwillige Wartezeit (FWZ):

vom Management festgelegte Tage vor deren Ablauf keine Besamung erfolgt

EB - Erstbesamung, Bes - Besamung

Das Intervall zwischen den Kalbungen, die Zwischenkalbezeit (ZKZ) ergibt sich aus der Zwischentragezeit oder Güstzeit (ZTZ) und der biologisch festgelegten Dauer der Tragezeit. Eine vom Management gewünschte ZKZ kann daher nur über den Parameter ZTZ beeinflusst werden. Rastzeit (RZ) und Verzögerungszeit (VZ) determinieren die Zwischentragezeit. Die RZ wird bestimmt durch die Freiwillige Wartezeit (FWZ) und die Brunstnutzungsrate (DE KRUIF et al., 2006), während die Verzögerungszeit im Wesentlichen von der Brunstnutzungsrate (BNR) und der Konzeptionsrate (KR) abhängt. Folglich unterliegt, wie aus der Tabelle 2.3 ersichtlich ist, die Länge des Kalbeintervalles der Freiwilligen Wartezeit, Brunstnutzungsrate und Konzeptionsrate und damit hauptsächlich der Entscheidung des Managements (BARR, 1975). Insbesondere KR und BER sind notwendige Voraussetzungen für hohe Trächtigkeitsergebnisse auf Betriebsebene (DE KRUIF, 1978; ESSLEMONT & PEELER, 1993; FERGUSON &

GALLIGAN, 2000; FIRK et al., 2002). Sie werden maßgeblich von der Qualität (Effizienz und Genauigkeit) der Brunstfeststellung und der Festlegung des optimalen Besamungszeitpunktes beeinflusst (NEBEL & MCGILLARD, 1993; FRICKE, 2000; ROELOFFS et al., 2010). Neben den genannten Fruchtbarkeitsparametern wurden in diesem Zusammenhang in der Literatur auch neue, früh messbare Indikatoren vorgeschlagen, wie zum Beispiel die Periode bis zur Rückkehr der lutealen Aktivität nach der Kalbung (C-LA) anhand von Progesteronmessungen (LØVENDAHL & CHAGUNDA, 2010).

Wird eine Verkürzung der Rastzeit angestrebt, kommt in erster Linie eine Verbesserung der BNR über eine verbesserte Brunsterkennungsrate in Frage. Es ist offensichtlich, dass weniger erkannte Brunsten (BER) zu einer verringerten Fruchtbarkeitsleistung der Herde führen. Hauptursache für unwirtschaftlich verlängerte ZKZ und deren wirtschaftliche Verluste ist die ineffektive Brunsterkennung (BARR, 1975; PECSOK et al., 1994; SENGER, 1994; FOOTE, 2002). Unzulänglichkeiten bei der Brunstbeobachtung (unentdeckte und falsch erkannte Östren) resultieren in verpassten und nicht termingerechten Inseminationen. In den meisten Fällen können auch stille Brunsten eher dem unzureichenden Brunstmanagement angelastet werden, als der Tatsache schwacher Brunstanzeichen bei den Tieren (DE KRUIF, 1978; WILLIAMSON et al., 2005). Studien zur Genauigkeit der Brunsterkennung zeigen, dass immer noch 10 - 15 % (HOLTZ et al., 1986) z.T. sogar 19 - 26 % (NEBEL et al., 1987; STURMAN et al., 2000) der zur Besamung vorgestellten Tiere in der Lutealphase fehlerhaft besamt werden. Hohe Brunsterkennungsraten stellen in Kombination mit ausreichender Genauigkeit den Haupteinflussfaktor bei der Zwischenkalbezeit dar (BARR, 1975; MANSFELD et al., 1999). KINSEL & ETHERINGTON (1998) beispielsweise berichteten von einer positiven Beeinflussung, bei der eine um 1 % verbesserte BER zu einer Verringerung der ZTZ um 0,5 d führte. Über die „richtige“ Dauer der Gützeit (> 85 - 125 d) bestehen allerdings in der Literatur unterschiedliche Auffassungen, da die große Varianz vom Leistungs- und Konditionsniveau der Tiere abhängig ist (PLATEN, 1997; ROSSOW, 2005). Jeder Tag an dem die mittlere Gützeit überschritten wird, bedeutet wirtschaftliche Verluste für den Betrieb durch eine Minderung der Milchleistung (Laktationskurve), weniger Abkalbungen pro Tier und Jahr und erhöhte Ausgaben für die Bestandsergänzung (Remontierung). In diesem Zusammenhang wird auch ein reduzierter genetischer Zuchtfortschritt negativ bewertet (ESSLEMONT & ELLIS, 1974; LEHRER et al., 1992; ERADUS et al., 1996; BALL & PETERS, 2004). Die Ertragseinbußen sind betriebsspezifisch und über die Höhe gibt es in der Literatur verschiedene Angaben (BREHME et al., 2005; JUNG, 2009). Diese

könnten aber beispielsweise durch weniger unfreiwillige Tierabgänge (Unfruchtbarkeit) aufgrund einer mangelnden Fruchtbarkeitsleistung gesenkt werden, wenn die BER von 50 % auf 80 % gesteigert wird (ESSLEMONT & PEELER, 1993).

## 2.2.1 Möglichkeiten der Brunsterkennung und Hilfen zur Brunsterkennung

### 2.2.1.1 Parameter zur Beurteilung und Evaluierung der Brunsterkennung

Für die Brunsterkennung werden verschiedene Methoden eingesetzt (s. Tab. 2.5). Deren Vergleich kann anhand folgender Parameter vorgenommen werden. Die Tabelle 2.4 gibt die Kriterien zur Erfassung der Leistungsfähigkeit von Brunsterkennungsmethoden zur korrekten Unterscheidung des Östrus und des Interöstrus in Form einer Kombination aus *wahren* und *falschen* Ereignissen wider.

Tab. 2.4: Kriterien zur Evaluierung der Leistungsfähigkeit von Brunsterkennungsmethoden und -hilfsmitteln (nach FIRK et al., 2002; ROELOFFS et al., 2010)

Ergebnis der Methode	Identifikation des Status	
	Östrus	Interöstrus
Positiv (+)	(a) wahr pos	(b) falsch pos
Negativ (-)	(c) falsch neg	(d) wahr neg

*Erkennungsrate, Sensitivität:  $(a/[a+c]) \cdot 100$*   
*Genauigkeit (positiv prognostizierbarer Wert):  $(a/[a+b]) \cdot 100$*   
*Spezifität:  $(d/[d+b]) \cdot 100$*   
*Fehlerrate:  $(b/[a+b]) \cdot 100$*   
*Negativ prognostizierbarer Wert:  $(d/[c+d]) \cdot 100$*   
*Gesamtgenauigkeit:  $([a+d]/[a+b+c+d]) \cdot 100$*

Ein zur Brunst korrekt erkanntes Brunstverhalten wird als *wahr positiv* (a) oder wenn dieses nicht erkannt wird entsprechend als *falsch negativ* (c) bewertet. Ein im Interöstrus festgestelltes Brunstverhalten wird als *falsch positiv* (b) bewertet. Liegt kein Brunstverhalten vor, wie es dem Zyklusstatus normalerweise entsprach, wird es *wahr negativ* (d) diagnostiziert. Der Parameter „Sensitivität“ spiegelt den Anteil korrekt erkannter Brunsten (*wahr positiv*) an den tatsächlich stattgefundenen Brunsten wider. Eine hohe „Genauigkeit“ besagt, dass von der gesamten Herde nur wenige nicht-brünstige Tiere zur Besamung vorgestellt wurden. Die „Spezifität“ gibt den Anteil korrekt erkannter Interöstren (*wahr negativ*) aller sich im Interöstrus befindlichen Tiere an. Diese Variable reflektiert die Güte der Methode nicht-brünstige Tiere zu erkennen. Während die „Fehlerrate“ den Anteil Tiere detektiert, der fälschlicherweise als brünstig diagnostiziert (*falsch positiv*) wurde und

sich eigentlich im Interöstrus befand. Der „negativ berechenbare Wert“, als Anteil korrekt erkannter Interöstren an der gesamten Herde, sagt aus, dass nur wenige brünstige Tiere als nicht-brünstig (falsch negativ) diagnostiziert wurden. Die „Gesamtgenauigkeit“ (MARK, 2008) bezieht sich auf den Anteil der wahren Ereignisse (*wahr positiv, wahr negativ*) an der Gesamtheit der Ereignisse einer Herde (Tab. 2.4).

Mit einer perfekten Methode würden eine 100 % Sensitivität und eine 100 % Genauigkeit erreicht werden und damit restlos alle brünstigen von nicht-brünstigen Tieren unterschieden werden.

In vielen Veröffentlichungen sind anhand dieser Parameter (einzeln oder kombiniert) die unterschiedlichen Methoden zur Östruserkennung evaluiert worden (FULKERSON et al., 1983; LUI & SPAHR, 1993; ARNEY et al., 1994; CAVALIERI et al., 2003; ROELOFFS et al., 2005b; PERALTA et al., 2005). Für einen Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien ist es wichtig zu wissen, wie die verschiedenen Parameter berechnet wurden, was Einfluss auf die Ergebnisse nehmen kann.

*Wahr* und/oder *falsch positive* Ergebnisse können über die P<sub>4</sub>-Bestimmung im brunstnahen Zeitraum (NEBEL & JONES, 2002; PALMER et al., 2012), und durch wiederholte Ultraschalluntersuchung um die Ovulation herum kontrolliert werden (ROELOFFS et al., 2004) oder zu verschiedenen Zyklusstadien (HOFFMAN & HAMBURGER, 1974; DÖCKE, 1994; FIRK et al., 2002) in Verbindung mit anderen Indikatoren der Brunsterkennung bestätigt werden (AT-TARAS & SPAHR, 2001; BREHME et al., 2008).

### **2.2.1.2 Visuelle Brunsterkennung**

Die klassische traditionelle Brunsterkennung stellt die visuelle Brunstbeobachtung durch den Menschen dar. Eine Brunst zu erkennen hängt in erster Linie von der Fähigkeit der Person und der in die Beobachtung investierten Zeit ab und erfordert ein hohes Maß an Erfahrung und Ausdauer. Die für die Brunstbeobachtung zuständige Person sollte daher mit den beschriebenen Brunstsymptomen und spezifischen Verhaltensweisen der Tiere vertraut sein, diese zuverlässig erkennen und ganzheitlich interpretieren können (NEBEL et al., 2000).

Zahlreiche Studien befassen sich mit der visuellen Brunstbeobachtung durch den Menschen und untersuchten die Erkennung der Brunst anhand des Merkmals Duldung (HALL et al., 1959; WILLIAMSON et al., 1972). Die BER für die visuelle Erkennung der Duldung wird dabei in einer großen Spanne zwischen 35 % (PETER & BOSU, 1986), etwa 50 % (WILLIAMS et al., 1981; AT-TARAS & SPAHR, 2001; VAN EERDENBURG et al.,

2002) und 94 % (HALL et al., 1959; MACMILLAN & CURNOW, 1977) angegeben. Jedoch belegen jüngere Studien, dass dieses primäre Brunstmerkmal nur noch bei etwa 45 - 53 % der Tiere (ROELOFFS et al., 2004; LYIMO et al., 2000; VAN EERDENBURG et al., 2006) erscheint. Verschiedene Arbeiten berichten zudem von einem erhöhten Anteil Östren ohne Duldung (37 % CUTULLIC et al., 2009; 42 % ROELOEFS et al., 2005; 63 % VAN EERDENBURG et al., 1996) und fanden eine variable Spanne der Duldungsphase von 3 bis 36 h (ALLRICH, 1994). DISKIN (2008) stellte bei einem Vergleich mehrerer Untersuchungen fest, dass bei einer verkürzten Dauer von etwa 8,1 h mit durchschnittlich 9,1 Duldungsaufsprüngen nur noch alle 53,4 Minuten ein Duldungsereignis auftritt. Für die Brunstbeobachtung kann dies große Schwierigkeiten in Zeiten mit wenig Personal und größer werdenden Tierbeständen bei Abwesenheit technischer Hilfsmittel oder eines anwesenden Bullen bedeuten.

#### *Verhaltens-Punktemethode (VAN EERDENBURG et al., 1996)*

Anhand der o.g. Aussagen wird deutlich, dass die Erkennung der Brunst nicht nur das Merkmal Duldung sondern einige andere Merkmale mehr umfassen sollte. Rinder zeigen verschiedene Brunstsymptome nicht kontinuierlich und nicht in jeder Brunstperiode. So führte auch eine permanente Beobachtung der Tiere anhand der Duldung nur zu 43 % erfolgreich erkannten Brunsten (FONSECA et al., 1983). Auf der Grundlage der zuvor in Kapitel 2.1.4 beschriebenen sekundären Verhaltensweisen von ESSLEMONT et al. (1980) entwickelten VAN EERDENBURG et al. (1996) ein Punktesystem für Brunstverhaltensmerkmale. Dieses System quantifiziert neben der Duldung einige sekundäre Merkmale, wie (desorientierte) Aufsprung(versuche), Kinn ablegen und Beriechen der Vulva etc. nach ihrer Häufigkeit und Verbreitung in Östrus und Interöstrus und bewertet sie mit Punkten (Tab. 2.5). In Abhängigkeit der Häufigkeit der durchgeführten Brunstbeobachtung wird ein Tier als brünstig definiert, wenn es einen vorher festgelegten Schwellenwert innerhalb von 24 h überschreitet. Dabei wird jedes Mal die dazugehörige Punktzahl für ein beobachtetes Merkmal notiert. In jener Studie ist eine Kuh als brünstig angesprochen worden, wenn bei 12 Beobachtungen am Tag die Summe der Punkte 100 überschritt. Damit konnten 100 % der Tiere richtig als brünstig erkannt werden (VAN EERDENBURG et al., 1996). Ist die Häufigkeit der täglichen Brunstbeobachtung geringer (zwei- bis dreimal) wird der Schwellenwert auf 50 Punkte entsprechend abgesenkt, um falsch negative Ereignisse zu vermeiden (VAN VLIET & VAN EERDENBURG, 1996). Auf diese Weise wurden 74 % der Brunsten erkannt. Insgesamt wiesen beide Vorgehensweisen eine Genauigkeit bei der Brunsterkennung von 100 % auf. Der Vorteil

dieses Systems liegt darin, auch ein brünstiges Tier ohne Duldungsanzeichen sicher zu erkennen sowie eine ausreichende Effektivität zu liefern (HERES et al., 2000; VAN EERDENBURG, 2006; VAN EERDENBURG et al., 2002; ROELOFS et al., 2005).

Tab. 2.5: Punktesystem zum Brunstverhalten und Angabe zur Wertung (nach VAN EERDENBURG et al., 1996)

Verhaltensmerkmal bzw. -symptom im Östrus	Punkte
Schleimabsonderung aus der Vulva	3
Flehmen	3
Unruhe (Bewegung, Brüllen)	5
Beriechen des Anogenitalbereiches eines anderen Tieres	10
Kinn ablegen	15
Besprungen werden nicht dulden	10
Aufsprung (versuch) auf andere Tiere	35
Aufsprung (versuch) auf den Kopf eines anderen Tieres	45
Duldung	100

In der vorliegenden Arbeit ist dieses Punktesystem für die Erkennung der Brunst basierend auf dem Anzeigen verschiedener Brunstmerkmale in Anlehnung an VAN EERDENBURG et al. (1996) verwendet worden.

Nicht nur das Brunstverhalten selber, auch Zeitpunkt, Dauer und Häufigkeit der Beobachtung haben einen großen Einfluss auf die Brunsterkennung (ROELOFFS et al., 2005a). Vielfach wird von einer intensiveren Brunstaktivität in den Morgen- oder Nachtstunden berichtet (HURNIK et al., 1975; DISKIN & SREENAN, 2000). Es wird auch davon ausgegangen, dass diese Häufung von den stalltypischen Arbeiten wie Füttern, Melken etc. abhängt und nicht unbedingt von der Tageszeit (HELMER & BRITT, 1985; PENNINGTON et al., 1986). Von DRANSFIELD et al. (1998) wurde ein gleichmäßig über den Tag verteilter Brunsteintritt beobachtet. Bei ein- oder zweimaliger Beobachtung täglich kann die Brunst leicht übersehen werden, besonders wenn nicht in den Morgenstunden oder nachts kontrolliert wird (FOOTE, 1975; HOLTZ & MEINHARDT, 1993). HALL et al. (1959) kalkulierten, dass mit einer dritten und vierten (12:00, 24:00 Uhr) zusätzlichen Beobachtungszeit zu 6:00 und 18:00 Uhr die Duldungserkennung um weitere 20 % gesteigert wurde. Auch ROELOFFS et al. (2005a) erkannten nur 19 % der Tiere duldend bei einer 2-maligen 30-minütigen Beobachtung. Der Anteil ließ sich auf 30 resp. 61 % bei einer zusätzlichen dritten Beobachtungszeit und unter Einbeziehung der Aufsprungaktivität steigern. Wurden alle sekundären Brunstmerkmale einbezogen, konnten 90 % der



Brunsten erkannt werden. Ähnliche Ergebnisse zeigten VAN EERDENBURG et al. (1996) auf, die anhand der Duldung bei 3-maliger 30-min Beobachtungszeit nur 12 % sowie unter Einbeziehung weiterer Merkmale 74 % der Brunsten beobachten konnten. VAN VLIET & VAN EERDENBURG (1996) sowie VAN EERDENBURG et al. (2002) hielten fest, dass sich die BER um über 20 % reduzierte wenn die Dauer von zweimal täglich 30 min auf 20 min verkürzt wurde. Höchste Brunsterkennungsraten (94%) ermittelten beispielsweise CAVESTANY et al. (2008) anhand dulddender Tiere auf einer Weide bei 2-mal 60-minütiger Beobachtung während der Ruhephasen zum Sonnenaufgang und in der Dämmerung. Während der Melkzeit (2-mal 30-min) wurden die wenigsten Brunsten (30 - 41 %) erkannt. Dies zeigt, dass neben der Dauer der Beobachtung auch der gewählte Ort und Zeitpunkt ausschlaggebend für eine gute Brunsterkennung sein kann.

Aufgrund einer kurzen Duldungsdauer und wenigen kurzen Aufsprungphasen (pro Aufsprung etwa 2,5 s, XU et al., 1998) bestätigten viele Autoren, dass die Beobachtungsdauer mindestens 20 besser 30 Minuten betragen sollte (HOLTZ & MEINHARDT, 1993; VAN EERDENBURG et al., 1996). Auch wiesen die Autoren darauf hin, dass eine erfolgreiche Brunsterkennung zu Zeiten der Ruhe durchgeführt werden sollte. Darüber hinaus reduziert auch chronischer Stress, wie er durch klinische und subklinische Lahmheit repräsentiert wird, die Dauer und Intensität der Brunstsymptome (WALKER et al., 2007; 2010). Abgesehen von individuellen Unterschieden wird die Ausprägung der Brunstsymptome beeinflusst von Alter (ORIHUELA et al., 1988; ROELOFS et al., 2005a), Rasse (PHILIPS, 2010), Milchleistung (LOPEZ et al., 2004; WILTBANK et al., 2006), Fütterungs- und Haltungsbedingungen (GWAZDAUSKAS et al. 1983) sozialen Interaktionen wie Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere (HURNIK et al., 1975; KILGOUR et al., 1977; ROELOFS et al., 2005b) und Anwesenheit eines Bullen (FRASER, 1980; ORIHUELA et al., 1988), Jahreszeit (SAMBRAUS, 1978) und Umwelttemperatur (PENNINGTON et al., 1985)

Eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Brunsterkennungsraten vieler Studien ist wegen der unterschiedlichen Methodik der visuellen Beobachtung enorm schwierig und hängt von Zeitpunkt, Dauer und Häufigkeit wie auch den untersuchten Verhaltensmerkmalen ab.

Nachfolgend werden einige dem Management zur Unterstützung der visuellen Brunstbeobachtung zur Verfügung stehende Systeme zusammenfassend vorgestellt.

### **2.2.1.3 Hilfsmittel und technische Systeme zur Brunsterkennung**

Die im Schrifttum vorhandenen Arbeiten zur Brunsterkennung und Brunsterkennungsverfahren sind zahlreich und umfassend (WILLIAMS et al., 1981;

NEBEL et al., 2000; RANASINGHE et al., 2009; ROELOFFS et al., 2010). Mit dem technischen Fortschritt sind Verfahren entwickelt worden, um mittels elektronischer Hilfsmittel die Brunst automatisch zu erkennen (NEBEL et al., 2000; AT-TARAS & SPAHR, 2001). Vielfach unterstützen technische Hilfsmittel den Betrieb bei der Verbesserung der Genauigkeit und Effizienz der visuellen Brunstbeobachtung (PERALTA et al., 2005). Die BER von Brunsterkennungshilfsmitteln sowie der visuellen Beobachtung werden bei den hier vorgestellten Verfahren in Tabelle 2.6 zusammenfassend präsentiert (HALL et al., 1959; WILLIAMSON et al., 1972; VAN VLIET & VAN EERDENBURG, 1996).

### *Aufsprungmarkierungssysteme*

Bei der Farbmarkierungstechnik wird auf dem Kreuzbein (Sacrum) des Tieres eine Farbeinheit befestigt, welche das so besprungene duldende Tier markiert. Bei einem Farbpatronen-System, zerplatzt unter dem Druck des Aufsprunges die Patrone und bewirkt durch einmaliges Aufspringen mit geringerer Intensität (Bovine Beacon) oder bei mehrmaligem intensivem Aufspringen ein Auslaufen und Umfärben des Inhaltes (Kamar-System). Eine nicht-elektrische Variante sind preiswerte Kreidestifte (Tail-painting) (FULKERSON et al., 1983; MACMILLAN et al., 1980) oder pflasterartige selbstklebende Indikatoren (Estrus-Alert-System), die durch den Farbabrieb den Duldungsreflex anzeigen. BER die mit Hilfe von Aufsprungdetektoren und Farbmarkierungen ermittelt werden, variieren zwischen < 50 % (PERALTA et al., 2005; SAUMANDE, 2002) und rund 70 % bis über 85 % (WILLIAMS et al., 1981; XU et al., 1998; AT-TARAS & SPAHR, 2001; CAVALIERI et al., 2003). Die Effizienz hängt von der Wahl der Schwelle für die Identifikation und der Art der Befestigung am Tier ab. Diese Systeme besitzen eine gewisse Relevanz in der Brunsterkennung, haben aber beispielsweise den Nachteil des Farbabriebes durch Bürsteneinrichtungen sowie beim Scheuern an Stalleinrichtungen. Falsch positive Ergebnisse entstehen, wenn nichtbrünstige oder lahme Tiere sich bei Überbelegung im Stall dem Aufsprung nicht entziehen können sowie beim Haarwechsel, wenn fälschlicherweise angenommen wurde, dass das System durch einen Aufsprung verloren ging (WILLIAMSON et al., 1972; FIRK et al., 2002).

### *Heat Watch-System*

Bei der elektronischen Form der Aufsprungfarbmarkierung ersetzt ein Drucksensor die Farbpatrone (Heat Watch, DEC-System). Die amerikanische Variante des Aufsprungdetektors löst beim Bespringen eines Tieres einen Schalter am Transmitter aus, der die Signale zu einer Auswerteeinheit (Computer) weiterleitet. Diese kontinuierliche

Erfassung ermöglicht Informationen über die zeitliche Dauer und Intensität der Sprünge. Der dazu benötigte Drucksensor wird am Schwanzansatz des Tieres befestigt.

### *DEC-System*

Das DEC-System zeigt über ein die Anzahl der Aufsprünge angepasstes ansteigendes Blinksignal weithin sichtbar das duldende Tier an. Dieses System ist mehrfach verwendbar und anwenderfreundlich, da sich Sensor und Anzeigeeinheit am Tier befinden.

Nachteile des Heat Watch- und des DEC-Systems sind der relativ hohe Preis sowie der Verlust der Patrone bei Herdenhaltungen mit Tierbürsteneinrichtungen (BECKER et al., 2005).

### *Messung physiologischer Parameter – Progesteronwertmessung*

Das Hormon P<sub>4</sub>, das im zyklischen Gelbkörper produziert wird, kann im Blut und in der Milch zuverlässig bestimmt werden (HOFFMANN et al., 1973; RABIEE et al., 2001; RIOUX & RAJOTTE, 2004). Aufgrund der mehr oder weniger kontinuierlich sezernierten Abgabe von P<sub>4</sub> aus dem C. I. steht die in der Milch ermittelte P<sub>4</sub>-Konzentration in unmittelbarem Zusammenhang zur zyklischen ovariellen Aktivität des C. I. (HOFFMANN & HAMBURGER, 1973, HOFFMANN et al., 1974; JAINUDEEN & HAFEZ, 2000).

Nach WALKER *et al.* (1996) und XU *et al.* (1998) ist bei einem Progesteronwertabfall in der Milch um mehr als 2 ng/ml auf unter 0,5 ng/ml mit einer Brunst zu rechnen. Diese Werte bestätigen zwar, dass die Tiere sich in der Follikularphase befinden, zeigen aber nicht den genauen Besamungszeitpunkt an (HEERSCHKE & NEBEL, 1994). Das heißt, ein hoher Progesteronwert bedeutet definitiv keinen Östrus, aber umgekehrt ist ein niedriger Progesteronwert nicht gleichzusetzen mit dem Zyklusstatus eines Östrus. Während früher diese Messverfahren zur Bestimmung der P<sub>4</sub>-Hormonkonzentration höchst kompliziert waren, gibt es seit einiger Zeit Methoden (z.B. Hormonost-Test), die einfach durchzuführen sind und unmittelbare verwertbare Resultate erbringen (NEBEL et al., 1987; WALKER et al., 1996; XU et al., 1998).

### *Elektrophysiologische Messung - Impedanz- und Leitfähigkeitsmessung*

Zur Brunst tritt aufgrund von zyklischen hormonellen Änderungen u.a eine verstärkte Hydratation und Ödematisierung des Schleimes und umliegenden Gewebes des Reproduktionstraktes (Vulva, Vagina) ein, die sich beispielsweise in einer geschwollenen Vulva als klassischem Brunstmerkmal äußert. Gleichzeitig steigt der Gehalt an Natrium und Chloridionen. Dadurch werden sowohl Änderungen des elektrischen Widerstandes im

Gewebe als auch im Sekret des Reproduktionstraktes verursacht (SENGER, 1994). In der Messung des elektrischen Widerstandes (Ohm) bzw. der Leitfähigkeit bestehen geeignete Verfahren zur Brunsterkennung, welche auf Veränderungen der chemischen und zellulären Zusammensetzung im vaginalen Sekret bzw. im Gewebe reagieren (ABOULELA et al., 1983b; SMITH et al., 1989). Ausserhalb der Brunst wird ein hoher Widerstandswert ermittelt, der zur Brunst mit dem korrespondierenden LH-Peak auf ein Minimum abfällt und nach der Hochbrunst wieder ansteigt (SCHAMS et al., 1977). Demgegenüber verbessert sich zur Brunst unter dem hormonellen Einfluss die Leitfähigkeit (Kehrwert des spezifischen Widerstandes) des Vaginalschleimes bzw. intravaginalen Gewebes. Messungen der elektrischen Leitfähigkeit mit implantierbaren Sensoren in der Vulva bzw. vaginalen Schleimhaut wurden von SMITH et al. (1989) als eine effektive automatische elektronische Brunsterkennungsmethode vorgeschlagen. Durch den technischen Fortschritt wurden elektronische Messsysteme, wie der intravaginale Ohmmeter (LEIDL & STOLLA, 1976) oder implantierbare radiotelemetrische Sensoren (LEWIS et al., 1989; LEHRER et al., 1992) entwickelt. Inzwischen gibt es jüngere kommerziell erhältliche Messgeräte, die einfacher zu bedienen sind (z.B. Draminski Brunstdetektor, Draminski Electronics, Polen). Die BER bei der Impedanzmessung wird mit 65 bis 82 % bei einer Genauigkeit von 57 bis 82 % angegeben (LEHRER et al., 1992). Allerdings wird von einigen Autoren die Impedanzmessung aufgrund wiederholter manueller Messungen in kürzeren Zeitabständen, des erhöhten Risikos entzündlicher Prozesse bei unsachgemäßer Handhabung sowie der deutlichen inter- und intraspezifischen Variation der Werte als unpraktisch, arbeitsintensiv und schwierig angesehen (BREHME et al., 2006; FIRK et al., 2002).

### *Messung der Körpertemperatur*

Mit der Messung der (vaginalen) Körper- sowie Milchttemperatur stehen zuverlässige Parameter für die Brunsterkennung von gesunden zyklischen Tieren zur Verfügung. Die vaginale bzw. Körpertemperatur ist am Brunsttag und etwa 22 h vor der Ovulation um 0,3 - 1,0 °C (MAATJE et al., 1987; RAJAMAHENDRAN et al., 1989; LEHRER et al., 1992) für durchschnittlich 7 h im Vergleich zu den drei vorherigen Tagen (NEBEL & JONES, 2002) erhöht. MAATJE & ROSSING (1976) und SCHLÜNSEN et al. (1987) wiesen eine enge Korrelation (Koeffizient 0,9) der Milchtemperatur- mit der Körpertemperaturmessung nach und schlugen deshalb vor, die kontinuierliche Milchtemperaturmessung zur Überwachung der Körpertemperatur bei Tieren zu nutzen. Allerdings wurden in jenem zweijährigen Experiment damit nur 42 % aller Brunsten erkannt. Andere Literaturangaben zur BER

schwanken zwischen Werten von 35 - 74 %. Der größte Nachteil dieser Methoden ebenso wie die der Impedanzmessung ist die hohe Fehlerrate (SCHILLING, 1969; LEHRER et al., 1992).

Weitere Messungen physiologischer Parameter zur Erkennung der Brunst sind die Messung des Scheiden-pH-Wertes (SCHILLING & ZUST, 1967; FOOTE, 1975) sowie der Viskosität des Zervikalschleimes (SCHILLING, 1969). Diese Techniken erfordern aber eine sorgfältige und aufwendige Anwendung, was eine generelle praktische Nutzung zunächst noch begrenzt.

### *Pedometrie - Aktivitätsmessung*

Die Bewegungsaktivität der Tiere in der Brunstperiode beträgt im Durchschnitt das Vierfache der Aktivität von nichtbrünstigen Tieren im Laufstall (KIDDY, 1977; SCHLÜNSEN et al., 1987; SCHOFIELD et al., 1991). Diese erhöhte physische Aktivität resultiert aus einer für den periöstrischen Zeitraum typischen Ruhelosigkeit (FARRIS, 1954; KIDDY, 1977; CARMI, 1987; SCHOFIELD et al., 1991; MAATJE et al., 1997) und kann über Sensorsysteme automatisch ermittelt werden (Abb. 2.2).

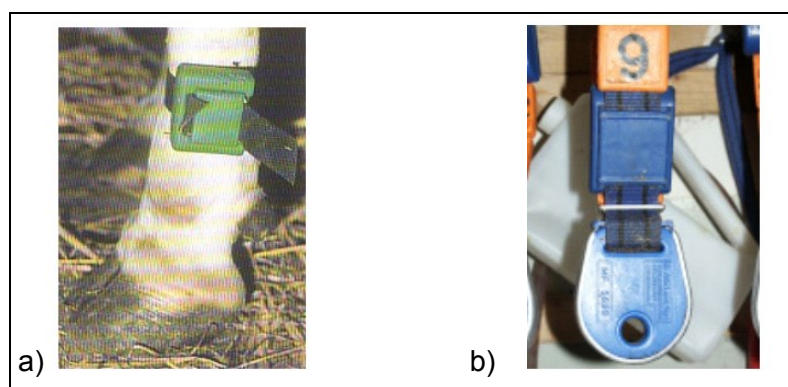


Abb. 2.2: Aktivitätssensoren (a) im Bereich des Vordermittelfußknochens oberhalb des Fesselgelenkes (Pedometer) sowie (b) am Halsband integriert (Respaktor) (WANGLER et al., 2005)

Aktivitätssensoren können an verschiedenen lokalen Standorten des Tieres im Bereich des vorderen oder hinteren Mittelfußknochens sowie oberhalb des Fesselgelenkes oder im Halsband integriert werden (WANGLER et al., 2005). Die Aktivitätsmessgeräte (Schrittzähler) mit integriertem Sensor erfassen die durch die Bewegung ausgelösten elektrisch aufsummierten Zählimpulse und speichern Daten in einem Prozessor. Neuere Systeme, wie beispielsweise der ALT-Pedometer messen kontinuierlich und speichern zusätzliche Messdaten wie Aktivität, Liegezeit und Körpertemperatur (BREHME et al., 2004; TOBER et al., 2009). In vielen Untersuchungen wurde von variierenden BER für

Messungen der physischen Aktivität berichtet, oft aber lag sie über 80 % (LEHRER et al., 1992; FIRK et al., 2002). Einige Studien bestätigten eine BER von 100 % (SCHOFIELD et al., 1991; ARNEY et al., 1994). Die Effizienz der Aktivitätsmessung (BER) ist abhängig vom eingestellten Schwellenwert für die Identifikation des Anstieges der Schrittaktivität während des Östrus sowie von der Zeitspanne der Perioden in denen die Schritte gespeichert und übermittelt werden (ROELOFFS et al., 2005b; WANGLER et al., 2005). Die Genauigkeit der Methode wurde mit 53 % (WANGLER et al., 2005) aber auch mit über 90 % (SCHOFIELD et al., 1991; ROELOFFS et al., 2005b) angegeben. Oft waren die Ergebnisse mit einer hohen Fehlerrate von 10 - 53 % behaftet (HOLTZ & MEINHARDT, 1993; ROELOFFS et al., 2005b). Die Fehlerrate wird von verschiedenen abiotischen und biotischen Umweltfaktoren (Laufoberfläche, Herdenzusammenstellung, Platzangebot etc.) beeinflusst.

#### *Videoübersichts-System (Brunstobserver)*

Schon HURNIK et al. (1975) stellten als eine Variante der Brunsterkennung die kontinuierliche Videoüberwachung vor. Bei der Videoübersichtsmethode wird mit einem System aus Detektions- und Observationskameras eine kontinuierliche, lückenlose Überwachung der Tiere ermöglicht. Die Kameras werden in einer bestimmten Höhe an verschiedenen Positionen angebracht und zeichnen durch Erfassung von Bewegungen das aufspringende Tier auf. Mit einer entsprechenden Software können alle Aufsprungereignisse eines Tages in einer kurzen Zusammenfassung am Computer per Foto ausgewertet werden, wobei die Halsbandnummer (mit Zoom) abgelesen wird (BRUYERE et al., 2012).

#### *Biosensorische Analysen*

Automatische Online-Analysen für Milchinhaltsstoffe (P<sub>4</sub>, Harnstoff, Ketone, Enzyme etc.) mittels Biosensoren, so genannte On-Farm-Analysatoren (mobile Analysatoren) sollen zukünftig ein zeitnahes Resultat während des Melkvorganges ermöglichen, um u.a. die Brunst- oder Trächtigkeitsdiagnose zu erleichtern (MOTTRAM et al., 2002; DELWICHE et al., 2001).

#### *Einsatz von Suchtieren*

Eine weitere Möglichkeit der Brunstüberwachung ergibt sich aus dem Einsatz von Suchtieren (Detektortieren), die entweder mit oder ohne Farbmarkierungstechniken ausgestattet sind (siehe Übersicht BALL & PETERS, 2004; BECKER et al., 2005). Es

handelt sich dabei um vasktomierte Tiere, operierte Bullen oder hormonell stimulierte weibliche Tiere. Diese Methode findet aber keine praktische Anwendung und ist ohne nennenswerte Bedeutung in der europäischen Nutztierhaltung.

#### **2.2.1.4 Auswahl eines geeigneten Brunsthilfsmittels**

Primär sollte ein Brunsterkennungsverfahren in hohem Maße mit dem Zeitpunkt der Ovulation korrelieren, um eine Fruchtbarkeitsverbessernde Wirkung zu erzielen (NEBEL et al., 2000). Eine praktikable Lösung für den Einsatz eines Verfahrens muss in erster Linie die betriebliche Situation und insbesondere das Haltungssystem berücksichtigen (ROTH, 1987). So führten unterschiedliche Ausgangsbedingungen zu widersprüchlichen Ergebnissen bei ein und derselben verwendeten Methode: Ansteigende Milchttemperatur sowie Bewegungsaktivität während der Brunst sind deutlicher im Lauf- als im Anbindestall ausgeprägt (SCHLÜNSEN et al., 1987). Während die nicht-automatische intravaginale Impedanzmessung in großen Herden praktisch unmöglich durchzuführen war (CAVESTANY & FOOTE, 1985), konnte sie in kleineren familienähnlichen Betrieben durchaus sinnvoll sein (LEHRER et al., 1992). Für BOYD (1984) ist es zusammenfassend relativ unmöglich, dass ein einzelnes System eine universelle Anwendung finden wird.

Ein anderer nicht unerheblicher Punkt bei der Auswahl technischer Mittel ist der Kostenfaktor. Es können variable Investitionskosten etwa zwischen 0,20 € (Farbe, Kreide) und 155 € (Pedometer) je Tier anfallen (BECKER et al., 2005). Neben dem Kostenpunkt sind nicht-visuelle Mittel wie Farbkreide, Aufsprungdetektoren oder kontinuierliche Videoaufzeichnung oft begrenzt in ihrer Anwendung aufgrund des Zeitaufwandes oder Willens zur täglichen Aufbereitung der Daten (LEHRER et al., 1992).

Für eine bessere Erkennung der Brunst und der Wahl des optimalen Besamungszeitpunktes wird vorgeschlagen, zukünftig eine Kombination verschiedener Verfahren zur Messung der physiologischen Veränderungen, wie beispielsweise die automatische Messung der Temperatur und Aktivität über Biosensoren zu nutzen (BREHME & BRUNSCH, 2006; KÖHLER, 2010). Wurde eine kombinierte Messung aus Bewegungsaktivität, Milchttemperatur und -leistung und elektrischer Leitfähigkeit verwendet, konnte in verschiedenen Untersuchungen eine Sensitivität zwischen 67 % und 90 % erreicht werden (FIRK et al., 2002; SCHLÜNSEN et al., 1987). WENDL & KLINDWORTH (1997) empfahlen in diesem Zusammenhang die Aktivitätsmessung in Kombination mit der visuellen Beobachtung und dem Führen eines Kuhkalenders.

In ihren Studien kommen LYIMO et al. (2000) und BECKER et al. (2005) zu dem Fazit, dass trotz einer teilweise hohen BER bei der Verwendung eines der o.g. Verfahrens auch

in Zukunft die konventionelle visuelle Brunstbeobachtung nicht zu ersetzen sein wird. Die Autoren schlussfolgern daher, dass es vielmehr auf ein optimales Zusammenwirken von Brunstbeobachtung und den sie unterstützenden Methoden ankommt.



Tab. 2.6: Effizienz der Brunstbeobachtung gegenüber Hilfsmitteln (BER in % mit Angaben der Fehlerrate (FR), wenn angegeben)

Methode	Bemerkung	BER (%) (FR %)	Quelle (Autoren)
visuelle Beobachtung (visuelle BB)	3 x Tag	49	PERALTA et al. (2005)
	2 x Tag	56; 68	WILLIAMSON et al. (1972); WILLIAMS et al. (1981)
	3 x 20 bzw. 30 min	20 - 59 bzw. 67	PALMER et al. (2010); MAATJE et al. (1997)
	2 x 30 min	55; 37 - 78	AT-TARAS & SPAHR (2001); PETER & BOSU (1986)
	während der Arbeiten	58	LIU & SPAHR (1993)
	12 h kontinuierlich	75	FULKERSON et al. (1983)
	während 2x melken	50	FULKERSON et al. (1983)
Kreide, tail paint		26 - 65; 78 44 (FR 38) 84 (FR 1 - 5); 66	PALMER et al. (2010); ALAWNEH et al. (2006) PENNINGTON & CALLAHAN (1986) MACMILLAN & CURNOW (1977); FULKERSON et al. (1983)
Aktivitätsmessung (Pedometer)		100 (FR 3); 74 (FR 17) 78 - 95 (FR 44 - 54) 77 (FR 32)	SCHOFIELD et al. (1991); WILLIAMS et al. (1981) WANGLER et al. (2005) MAATJE et al. (1997a)
		82 - 87; 91 und 92 51 - 87 (FR 5 - 17) 75 (FR 1)	PETER & BOSU (1986); AT-TARAS & SPAHR (2001) ROELOFFS et al. (2005b) LØVENDAHL & CHAGUNDA (2010)
	Aufsprungdetektor	70 37 - 69; 92 (FR 0)	WILLIAMS et al. (1981) PALMER et al. (2010); XU et al. (1998)
	Impedanzmessung	82 (TR); 65 (FR 0 - 12)	LEIDL & STOLLA (1976); SCHOFIELD et al. (1991)
	Vaginaltemperatur	nutzbar	RAJAMAHENDRAN et al. (1989)
	Milchtemperatur Milchtemperatur	84; 74 (FR 30) 50 (FR 81); 42	MAATJE & ROSSING (1976); MAATJE et al. (1987) MCARTHUR et al. (1992); SCHLÜNSEN et al. (1987)
Milchprogesteron	P <sub>4</sub> -Model	93 (FR 6)	FRIGGENS et al. (2008)
	Regelmäßige Proben	99	NEBEL & JONES (2002)
Kamera	Biosensor (real-time)	100 (FR 35)	DELWICHE et al. (2001)
	Video (+ Aufsprung)	80	BRUYERE et al. (2012)
Kamera-Software	Video (+ Farbstreifen)	85	ALAWNEH et al. (2006)
	Bulle *	87	FOOTE (1975)
Suchttiere	Ochse	79	FULKERSON et al. (1983)

BB - Brunstbeobachtung, \* Verlagerung des Penis des Bullen

## **2.3 Vokalisation bei Rindern**

### **2.3.1 Aspekte der akustischen Signale als Nachricht**

Bei der akustischen Kommunikation handelt es sich um eine besondere Eigenschaft des Verhaltens vom Sender mit einer Bedeutung kodierte Informationen (i. e. S. Nachrichten) über einen Kanal an den Empfänger zu übermitteln. Der Empfänger dekodiert die Nachricht und reagiert bzw. handelt, welches die eigentliche Funktion der Nachrichtenübertragung ausmacht (TEMBROCK, 1982). Akustische Signale werden, vor allem bei Wirbeltieren eingesetzt, da sie äußert variabel sind, nach allen Seiten hin ausstrahlen und sich um Objekte herum ausbreiten können. Durch die relativ langsame Ausbreitungszeit bei der Übertragung und die physikalischen Eigenschaften der Umwelt unterliegt das akustische Signal der Abschwächung und Degradation (RICHARDS & WILEY, 1980).

Im sozialen Kontext ist die Vokalisation Ausdruck von Erkennung (Gruß), Angst, Drohung und Kontakt. PHILLIPS (2002) stellte fest, dass das domestizierte in Herdenverbänden lebende Rind mehr als alle anderen solitär lebenden Tiere Gebrauch von der Vokalisation als soziale Kommunikationsform macht. Die Abwesenheit von Jägern und natürlichen Feinden scheint ein Grund zu sein, weshalb diese Art der Kommunikation weiter verbreitet ist, als sonst unter grasenden Beutetieren üblich (PHILLIPS, 2002).

Akustische Signale spielen eine wesentliche Rolle bei Sozial- und Sexualkontakten (BOGNER & GRAUVOGL, 1984; SEARBY & JOUVENTIN, 2003). Obgleich akustische Ausdrucksmittel eine wichtige Funktion im Sozialleben der Rinder spielen, liegt eine lückenlose Entschlüsselung der verschiedenen Laute in ihrer Bedeutung bis heute noch nicht vor (BOGNER & GRAUVOGL, 1984). Bestimmte Stimmungs- oder Erregungszustände, ausgelöst durch externe emotionale Ereignisse oder innere hormonale Konzentrationen, wie beispielsweise in der Brunst, können mit einem spezifischen (vokalen) Verhalten einhergehen. Diese stark emotionale Wirkung stellt eine wichtige biologische Funktion dar. Akustische Signale können in Ergänzung zu optischen Signalen eine bestimmte Erregungslage erzeugen (KILEY, 1972) und bei Artgenossen Emotionen modulieren (MANTEUFFEL et al., 2004). So konnte in Verbindung mit Erregungszuständen die Vokalisation beim Rind (LIDFORS, 1996; WATTS et al., 2001), Schwein (VON BORELL & LADEWIG, 1992; SCHRADER & TODT, 1998; SCHÖN et al.,

2000; PUPPE et al., 2005) und Geflügel (ZIMMERMAN & KOENE, 1998) nachgewiesen werden.

Argumentiert wurde, dass Emotionen als Basis der sozialen Ordnung von Tier und Mensch dienen (SEYFARTH & CHENEY, 2003a; BUCK, 1984 in JUSLIN & LAUKKA, 2003), vokale Kommunikation von Emotionen bei sozial lebenden Spezies biologisch adaptiert ist und sich daher in einer beständigen phylogenetischen Weise entwickelte (SCHERER, 1995).

Die meisten Studien beschäftigten sich mit Funktionen tierischer Vokalisation vom Standpunkt des Senders aus (beim Primaten KURAOKO & NAKAMURA, 2010). Andererseits richtete sich Vokalisation auch an einen Empfänger und konnte verschiedene interne physiologische oder kognitive Ebenen des Wahrnehmenden beeinflussen (OWREN & RENDALL, 2001). OWREN & RENDALL (1997, 2001) untersuchten Funktionen tierischer Vokalisation bei Primaten aus der Sicht des Empfängers und postulierten, dass der primäre Grund der Vokalisation nicht die Übermittlung des internen Zustandes des Senders sei, sondern vielmehr die Beeinflussung des internen Zustand des Wahrnehmenden (Theorie der „affektiv-induzierten“ Vokalisation). Im allgemeinen wurde davon ausgegangen, dass die meisten tierischen Vokalisationen spezifisch und invariant mit dem inneren Zustand verbunden, nach feststehenden Programmen generiert und während der Ontogenese entwickelt worden sind (MANTEUFFEL & SCHÖN, 2004). Für OWREN et al. (2005) zeigte sich hier aber ein bekanntes Problem aus der Sicht der Bedeutungsübermittlung von Lauten, dass nichtmenschliche „motivierte Signale“ oft nicht in dem Maße mit spezifischen internen Zuständen oder externen Kontexten verbunden waren, wie man allgemein hin erwarten würde. So wiesen OWREN & RENDALL (2001) darauf hin, dass einige Laute von Primaten mit spezifisch auslösenden Umständen assoziiert waren, viele andere jedoch nicht. Tatsächlich fanden sich Beispiele akustisch ähnlicher Vokalisation bei unterschiedlichen Kontexten sowie nicht-ähnliche Vokalisation, die im selben Kontext (= verschiedenartige Vokalisation in denselben Situationen) erschien: So kann eine bestimmte Emotion verschiedenartig ausgedrückt werden, wohingegen zahlreiche Expressionen mit ein und derselben Emotion verbunden sein können (RUSSEL & FERNANDEZ-DOLS, 1997). Trotz dieser Tatsache gingen OWREN et al. (2005) davon aus, dass vokale Signale auf besondere Weise eine Möglichkeit darstellten auf zwei möglichen Wegen, direkt und indirekt, auf den Empfänger Einfluss zu nehmen, obwohl die Spezifität (Genauigkeit) fehlen mag. Einige Vokalisationstypen der nichtmenschlichen Primaten haben einerseits durch die Aktivierung von vegetativen Nervensystemprozessen im Wahrnehmenden einen direkten, nicht- konditionierten

Einfluss auf den Motivations- und Erregungszustand, welcher durch das eigentliche Signal, wie piepsende, angsterfüllte Laute und Schreie (engl., squeaks, shrieks, screams) hervorgerufen wurde (OWREN & RENDALL, 1997, 2001). Andererseits konnten einige Laute des Senders indirekt konditionierte, erlernte emotionale Reaktionen des Empfängers hervorrufen, die durch frühere Erfahrungen beim Hören ähnlicher Laute ausgelöst wurden (OWREN & RENDALL, 1997, 2001; OWREN et al., 2005). Als Beispiele für indirekte Effekte nennen die Autoren diskrete individuelle Vokalisationen, die auf Vokaltrakt-Filterung basieren und stimmhafte, geräuschhafte Laute wie Grunzer, Gurren (engl., sonants, gruffs coo, grunts) und Drohrufe darstellten (OWREN & RENDALL, 1997, 2001).

### **2.3.2 Informationen der Laute bei Rindern und anderen Paarhufern**

Die Vokalisation von Paarhufern, insbesondere des domestizierten Rindes, hat erst in den letzten Jahren des vorigen Jahrtausends mehr Aufmerksamkeit erfahren. Obwohl einige Lautstudien existieren (KILEY, 1972 beim Rind, KNECHTEL, 1993 beim Kaffernbüffel, GRAUVOGL, 1958 beim Schwein) sind wenige zum spezifischen und seltener zum sexualbedingten Lautrepertoire des Rindes erschienen. Qualitativ beschrieben einige Autoren verschiedene Formen der Vokalisation bei Bullen (LIEBENBERG et al., 1977; HALL et al., 1988) und Kälbern (LIEBENBERG et al., 1977; LAUBE et al., 1988), während andere diese methodisch klassifizierten (JAHNS et al., 1997; IKEDA & ISHII, 2003). In Lautuntersuchungen, wie sie nach verschiedenen Kontexten in der Tabelle 2.7 zusammengefasst sind, charakterisierte KILEY (1972) sechs Lautformen mit fünf Silben. Während SCHLOETH (1961) beim halbwilden Camargue-Rind 11 distinktive Lautformen verbal beschrieb, die er auf zwei Grundformen „Muhen“ und „Grunzen“ zurückführte u. a. das kräftige Muhen der Kuh mit geöffnetem Maul und vorgestrecktem oder auch erhobenem Kopf und den Brunstlaut. Dabei ordnete der Autor fünf Lautformen dem Muhen und sechs dem Grunzen anhand der Lautstärke, Stimmfolge und Klangfarbe nach bestimmten Verhaltenskontexten zu. STÖBER & GEIGER (1975) unterschieden pathologische Lautäußerungen, wie beispielsweise ein rhythmisches brummendes Muhen. HALL et al. (1988) kennzeichneten zwei Hauptformen der Vokalisation von Bullen einer frei lebenden Herde der Chillingham-Rasse: Rufen und Muhen. JAHNS et al. (1997) erkannte in Experimenten mit Milchkühen Lautmuster in bestimmten Situationen (Hunger, vor dem Melken, in Brunst, nach der Trennung). Untersuchungen zur kommunikativen Funktion der Vokalisation bezogen sich beispielsweise auf die gegenseitige Erkennung von Kuh und Kalb, Separation sowie Isolation beider (KILEY-WORTHINGTON & DE LA

PLAIN, 1983; BARFIELD et al., 1994; WATTS & STOOKEY, 2001). Die vokale Kommunikation zählt neben der olfaktorischen zu den elementarsten Faktoren der gegenseitigen Erkennung (Schaf: TERRAZAS et al., 2002; Rotwild: VANKOVA et al., 1997). In Untersuchungen von MARCHANT-FORDE et al. (2002), WATTS & STOOKEY (2000) sowie BARFIELD et al. (1994) reagierten Mutter und Kalb auf Kontaktrufe, während die Kälber die Mütter anhand auditiver Merkmale zielgerichteter erkannten als andersherum. Für WATTS & STOOKEY (2000) ist noch unklar, ob Mütter ihre Kälber anhand der Vokalisation unterscheiden können.

Tab. 2.7: Lautkommunikation beim Rind und anderen landwirtschaftlichen Nutztieren sowie Paarhufern

Tier	Vokalisation im Kontext/ Situation	Autoren /Jahr
Rind ( <i>B. taurus</i> )	6 Lautformen mit Begleitverhalten	KILEY (1972)
	11 distinktive Lautformen	SCHLOETH (1961)
	im Östrus ansteigende Vokalisation	BROOM & FRASER (2007)
	verschiedene Lautmuster (Hunger, vor dem Melken, Brunst, Separation)	JAHNS et al. (1997)
	Separation	LIDFORS (1996), WEARY & CHUA (2000), STEHULOVA et al. (2008)
	leises, dumpfes Brummen vor und nach der Geburt (Lockbrummen)	KILEY-WORTHINGTON & DE LA PLAIN (1983)
	Kontaktruf, Kälber erkannten eigene Mutter anhand auditiver Merkmale	MARCHANT-FORDE et al. (2002), BARFIELD et al. (1994), WATTS & STOOKEY (2000)
	Vokalisation in Isolation	WATTS & STOOKEY (2001), LAUBE et al. (1988)
	Vokalantworten auf Distress-Schmerz (Brandmal, Elektroschock)	GRANDIN (2001, 2010), WATTS & STOOKEY (1999, 2000)
Rind (♂)	2 Hauptformen: Rufen, Muhen	HALL et al. (1988)
Rotwild (♀) ( <i>C. elaphus</i> )	Kontaktruf mit Rehkitz, geringe Diskriminierungsfähigkeit der Mutter	VANKOVA (1997)
Damwild (♀) ( <i>C. dama</i> )	Kontaktruf mit Rehkitz, Kitz diskriminiert, Rehmutter nicht	TORRIANI et al. (2006)
Ziege (♀) ( <i>C. a. hircus</i> )	Kontaktruf mit Ziegenkitz	TERRAZAS et al. (2003)
Schaf (♀) ( <i>O. o. aries</i> )	Kontaktruf mit Lamm	SEARBY & JOUVENTIN (2003)

Weitere Beeinflussungen des Vokalisationsverhaltens wie die Auswirkungen einer zeitlich verschiedenen postpartalen (pp.) Kuh-Kalb-Separation wurden in einigen Studien

untersucht (LIDFORS, 1996; WEARY & CHUA, 2000). WEARY & CHUA (2000) und LIDFORS (1996) untersuchten u. a. Lautverhalten und -struktur (Sonagramm) von 9 Kälbern nach sechs Stunden, nach einem oder nach vier Tagen Separation bzw. von 39 Kühen mit Kälbern (mit 2 h-Beobachtung). Blieben Kuh und Kalb länger zusammen, waren die Auswirkungen auf das Verhalten nach dem Absetzen umso stärker. Ältere Kälber riefen am wenigsten vor sowie am meisten und mit größerer Intensität nach der Separation als vorher. Nach der Separation kehrte sich das Vokalverhalten der Muttertiere um: jene mit den ältesten Kälbern riefen am häufigsten ( $p < 0,01$ ) und mit einer höheren Grundfrequenz ( $p < 0,001$ ) und Lautstärke als Kühe mit jüngeren Kälbern. Ein Indiz dafür, dass Separation zu einem späteren Stadium (4 d alt) stärkere Verhaltensweisen auslöst als kurz nach der Geburt. Ebenso wie STEHULOVA et al. (2008) schlussfolgerten diese Autoren, dass eine spätere pp.-Trennung intensivere und längeranhaltende Reaktionen bzw. Verhaltensweisen (Vokalisation, Herzfrequenz, Bewegungs-, Suchverhalten) bei beiden auslöste, als eine sofortige pp.-Separation. In sozialer Isolation gehaltene Kälber zeigten beim Vergleich von Stimmföhlungslauten im Verlauf der Lautontogenese (10., 21., 82. und 109. Lebensstag) zunächst eine Zunahme der Ruhhäufigkeit, die für eine erregungssteigernde Wirkung der Isolation spricht, aber mit zunehmender Isolationszeit traten Ermüdungserscheinungen (geringere Komplexität der Laute) auf (LAUBE et al., 1988). Dies traf vor allem stärker bei früherem Lebensalter zu. Beim Rot- und Damwild schien nur das Rehkitz die Kontaktrufe der Mutter zu diskriminieren, umgekehrt aber nicht (VANKOVA, 1997; TORRIANI et al., 2006). Die Autoren werteten dies als besondere Art der Aufzucht sich versteckender Beutetiere, um nicht Feinde durch das Rufen des Rehkitzes anzulocken. Auch die Analysen der Sonagramme bei Ziege und Schaf zeigten ausreichende interindividuelle Unterschiede in den Lautmerkmalen maternaler Vokalisation auf, die Jungtieren erlaubten unter verschiedenen Muttertieren zu diskriminieren (SEARBY & JOUVENTIN, 2003; TERRAZAS et al., 2003). Beim Lamm ist möglicherweise neben der visuellen vor allem die akustische Verständigung wichtiger und effizienter für die Identifikation auf kurze und lange Distanzen als die olfaktorische (SEARBY & JOUVENTIN, 2003). Einige Autoren werten Vokalisationen auch als Ausdruck des individuellen Wohlbefindens bzw. des physiologischen und psychologischen Status der Tiere. Untersuchungen von (aversiv ausgelöst) Vokalisationen könnten daher mit anderen praktisch anwendbaren physiologischen Parametern und Verhaltensparametern kombiniert werden (GRANDIN, 1998; WATTS & STOOKEY, 2000). So wird die stressbedingte Vokalisationsfrequenz (in %) zur Indikation des Wohlbefindens in

kommerziellen Schlachthanlagen genutzt, wo diese heute effektiv wirkt und dazu beiträgt Schlachtpraktiken zu verbessern (GRANDIN, 2001; 2010).

### 2.3.3 Lauterzeugung - physiologische Grundlagen unter Berücksichtigung der „Quelle-Filter-Theorie“

Ein Laut ist ein zeitlich begrenztes Schallereignis, das im Repertoire einer Tierart und im Verlauf wiederholter Stimmäußerungen stets als eine Einheit auftritt (TEMBROCK, 1982). Der lauterzeugende Kommunikationsprozess lässt sich grob in drei Schritte gliedern: Ein Tier ruft, indem es durch eine Folge artikulatorischer Bewegungen einen zeitlich variierenden Sprachschall erzeugt. Diese Schallwelle wird anschließend in Gestalt von Schwingungen der Luftmoleküle, den Druckschwankungen durch die Luft zum Empfänger der Botschaft übertragen (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). Beim Empfänger wird die Nachricht im jeweiligen Hörbereich auditiv wahrgenommen.

Rinder besitzen gemeinsam mit anderen terrestrischen Vertebraten drei Schlüsselbestandteile: a) ein Respirationssystem mit Lungen, b) den Larynx, welcher als schneller Verschluss der Lunge Schutz bietet und oftmals als „Nebeneffekt“ Laute produziert sowie c) einen supralaryngealen Vokaltrakt, der diese Laute filtert, bevor sie an die Umgebung ausgesendet werden. Insgesamt stellt dies die Voraussetzung zur Fähigkeit dar, Luftstrom mit dem Respirationssystem als Quelle der Energie für die Vokalproduktion zu nutzen (BRACKENBURY, 1982; FITCH, 2006).

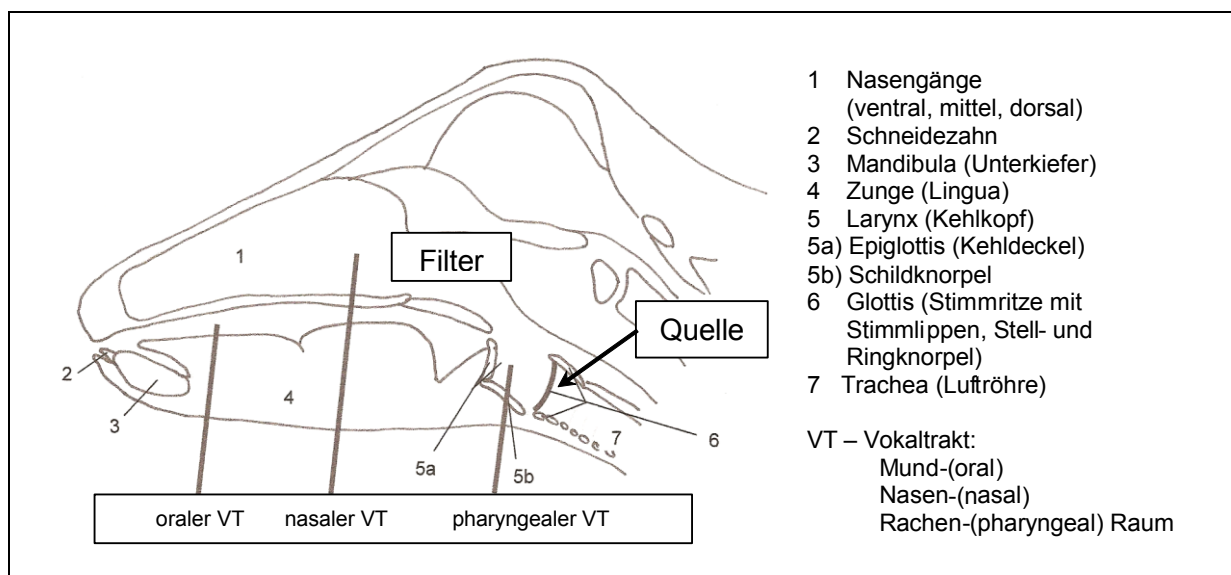


Abb. 2.3: Junge Färsche, Medianschnitt durch den Kopf, Aufbau mit den wichtigsten den Lauterzeugungsapparat betreffenden Merkmalen (kombiniert und verändert nach POPESKO, 2007)

Das komplizierte Prinzip der tierischen Lautproduktion kann vereinfacht mit dem akustischen Modell der „Quelle-Filter-Theorie“ nach FANT (1970) sowie den Prinzipien der myoelastisch-aerodynamischen Theorie der menschlichen Sprache beschrieben werden (TITZE, 1994). Dabei wird die Quelle durch die Glottis gebildet und der Vokaltrakt (Ansatzrohr) fungiert als Filter (Abb. 2.3). Im Folgenden wird die „Quelle-Filter“-Theorie kurz vorgestellt und ein Überblick der tierischen Phonation gegeben. Für weiterführende Darstellungen auf dem interessanten Gebiet der Lautkommunikation wird auf Literatur von FANT (1970), ESSEN (1981) und FITCH (1994) verwiesen.

Tierische Stimmgebung ist eine Kombination aus einer durch Ausatmen bewirkten Schallanregung an der Stimmritze (der *Lautgebung*) und einer durch kontinuierliche Muskelbewegung verursachten Ausformung des Anregungsschalls (der *Resonanzbildung*) im Vokaltrakt, zu dem der Rachenraum, der Mundraum und der Nasenraum gezählt wird (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). Zur Lautgenerierung gelangt ein Luftstrom aus den Lungen über die Luftröhre (Trachea) in den Kehlkopf (Larynx). Die an der Stimmritze vorbeiströmende Luft versetzt die Stimmbänder in Vibrationen, d.h. sie öffnen und schließen die von ihnen eingeschlossene Glottis (ECKEL, 1976; FITCH, 2006). Bei stimmhaften Lauten entstehen die *Grundfrequenz* sowie ihre dazugehörigen Obertöne (ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz, sogenannte Harmonische) an der Stimmritze, die von der Spannung, Länge und Elastizität der Stimmbänder abhängen. Der so von der Glottis stoßweise entlassene Anregungsschall wird nun beim Durchlaufen des Vokaltraktes vielfältig ausgeformt, bevor er schließlich über die Labien und die Nase abgestrahlt wird (LIEBICH, 2009). Während dieses Prozesses verhält sich der Vokaltrakt wie ein Ansatzrohr bzw. ein akustischer Resonator. Durch Bewegungen der *Artikulatoren* (Labien, Mandibula, Lingua und Palatum) wird der Resonanzraum zusätzlich variiert. Die im Resonanzraum vorhandene Luft gerät in Vibration und bildet die Resonanzfrequenzen (ECKEL, 1976; FITCH, 2006; MCCOMB & REBY, 2009). Zudem werden einige Frequenzen des Anregungsschalles teils verstärkt, andere geschwächt. Durch diesen Filterungsprozess des Vokaltraktes wird das Schallspektrum insgesamt verändert, die sogenannten *formantähnlichen Frequenzen* entstehen (FITCH, 2006; LEHMANN, 2007). Diese Kombination aus dem Anregungsschall der Quelle und der Filterfunktion des Vokaltraktes resultiert in einem Frequenzspektrum mit typisch unterschiedlichen formantähnlichen Strukturen (FITCH & HAUSER, 1997; RUBIN & VATIKIOTIS-BATESON, 1998). Formantähnliche Strukturen werden von der Länge und Gestalt des Vokaltraktes bestimmt. Nach FITCH (1997) sind die Verteilungen der formantähnlichen Frequenzen und demnach die Länge des Vokaltraktes ein guter Indikator für die Körpergröße einer



Spezies. Große Tiere besitzen einen langen Vokaltrakt und tiefe formantähnliche Frequenzen. Alle Säugetiere sind in der Lage die Konfiguration des Vokaltraktes entsprechend zu kontrollieren (FITCH, 2006). Während der Phonation können die Vibrationen periodisch und stabil (wie in stimmhaften, tonalen Lauten) oder hochgradig aperiodisch oder sogar chaotisch sein (z.B. Schreie). Letztere wurden selten in menschlicher, oft aber in tierischer Vokalisation beobachtet (FITCH et al., 2002).

Eine Konsequenz dieser Art der Lauterzeugung ist, dass vom Vokaltrakt geprägte Charakteristiken unabhängig von denen von der Quelle geprägten variiert werden können, die für sich alleine oder kombiniert möglicherweise wichtige Informationen für den Empfänger enthalten (MCCOMB & REBY, 2009).

### **2.3.4 Analyse von Lauten in der Bioakustik**

#### **2.3.4.1 Merkmalsgewinnung aus Lauten**

Die Analyse akustischer Eigenschaften komplex zusammengesetzter Laute kann mit moderner Lautanalysetechnik und statistischen Methoden erfolgen. Mit entsprechender Software kann ein Laut mittels eines Sonagramms grafisch am Computer dargestellt werden. Die Darstellung und Analyse von Lauten mittels Sonagramm stellte lange die am weitesten verbreitete Methode in der Bioakustik dar, da Lautparameter dabei direkt durch Messungen ermittelt werden können (FLANAGAN, 1972; OWREN et al., 1997; REBY & MCCOMB, 2003).

Eine sinnvolle Analyse zur Charakterisierung individueller Laute spielt seit Beginn der 1990er Jahre eine immer größer werdende Rolle bei der Interpretation des Verhaltens, physiologischer Zustände, der Tiergesundheit und des Wohlbefindens bei Nutztieren (WEARY & FRASER, 1995; JAHNS, 2006; SCHÖN et al., 2009). Noch immer bereiten Analysen der Laute von Säugetieren Schwierigkeiten, da sie oft komplexe Strukturen aufweisen, ihr vokales Repertoire eine Fülle an Variationen beinhaltet, Aufnahmen von der Umgebung beeinflusst werden und sich nicht zuletzt die Distanz und Richtung des Senders zum Aufnahmemikrofon ändert (SCHRADER & HAMMERSCHMIDT, 1997). Insofern stellt sich auch die Frage, welche und wie viele Messparameter notwendig sind, um Variationen und physikalische Eigenschaften in Lauten richtig zu charakterisieren, zu interpretieren und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Computerprogramme nicht zu überlasten. Die Notwendigkeit der Datenreduktion führte zu neuen Verfahren und Methoden bei der Parametrisierung von Lautsignalen. In der Literatur gibt es eine Vielzahl

verschiedener Methoden zur Analyse von Lautdaten. Die physikalischen Ansätze der Algorithmen weisen Stärken und Schwächen auf. Kein Verfahren arbeitet hundertprozentig akkurat und zuverlässig. Bis heute existieren keine Formel, kein Modell und kein universeller Algorithmus, der ein gutes Modell eines wahrgenommenen Lautes fehlerlos und genau abbildet.

SCHUKAT-TALAMAZZINI (1995) definierte die Ziele der Merkmalsgewinnung mit der digitalen Repräsentation, der Datenmengerereduktion, dem Auffinden von Variabilitäten, die zur Identifikation der Laute führen, ebenso wie der Eliminierung von Umwelteinflüssen und akustischen (elektrischen) Übertragungseigenschaften. Die gegenwärtigen Techniken zur Merkmalsgewinnung beruhen vorwiegend auf der Kombination einschlägiger Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Übersicht bei RABINER & SCHAFER, 2007). Nach SCHUKAT-TALAMAZZINI (1995) lassen sich in der automatischen Spracherkennung benutzte Verfahren zur Merkmalsgewinnung in vier Bereiche einteilen: den Zeitbereich, die Spektrumanalyse, die Cepstrumanalyse und die lineare Vorhersage (LPC-Analyse). Im Folgenden wird eine kurze Zusammenfassung der in der vorliegenden Arbeit verwendeten letztgenannten drei Verfahren vorgenommen.

Weitere Fachliteratur zu akustischen Eigenschaften und gebräuchlichen Verfahren in der bioakustischen Forschung finden sich u. a. bei FLANAGAN (1972), LIEBERMAN & BLUMSTEIN (1988), OWREN & LINKER (1995), OWREN et al. (1997) sowie REBY et al. (2006) und REBY & MCCOMB (2003a & b).

#### **2.3.4.2 Kurzzeitanalyse**

Schallwellen stellen nichtstationäre Signale dar, deren Schallstruktur sich dauernd verändert. Nur über einen sehr kurzen Zeitraum (ms-Bereich) hinweg können sie als näherungsweise stationär angesehen werden (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). In einer Analyse werden diese Bereiche mit einer Fensterfunktion aus dem Signal „herausgelöst“ und nur dieser kurze Fensterbereich einer Analyse, z.B. einer Fouriertransformation unterzogen. Das erhaltene Spektrum wird Kurzzeitspektrum einer Kurzzeitanalyse genannt.

Die spektrale Energieverteilung eines Lautes resultiert, wie zuvor beschrieben, aus der *glottalen Anregung* (Grundfrequenz und Obertöne bzw. „Harmonische“) des Schalls und seiner weiteren Ausformung durch die Resonanzeigenschaft des Vokaltrakts in Form von *Resonanzfrequenzen (formantähnliche Frequenzen)* (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). In einem Kurzzeitspektrum macht sich der Anteil des Anregungsschalls in Form schnell

aufeinanderfolgender, äquidistanter Spitzen sichtbar und wird als „harmonische-“ oder „Feinstruktur“ des Spektrums bezeichnet. Während sich die Vokaltraktkonfiguration durch charakteristische Resonanzen (*formantähnliche Strukturen*) im Spektrum als relative Maxima oder Minima zeigen. Ihre ungefähre Lage ergibt sich aus der Umhüllenden (Envelope). Dieser „Grobverlauf“ stellt allgemein alle relevanten Informationen für eine Identifikation eines Lautes bereit, während die „Feinstruktur“ in den beschriebenen Merkmalsverfahren eliminiert werden soll (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995).

#### **2.3.4.2.1 Zeitbereichsmerkmale**

Die Zeitbereichsanalyse bietet eine Möglichkeit für die schnelle Auswertung und Interpretation von Daten, die wie bei Lautsignalen in temporärem Zusammenhang stehen. Es handelt sich um eine lineare Methode, bei der bestimmte Charakteristiken des Signals genutzt werden, um die Dauer zu messen und Informationen über den Energiegehalt (Intensität) und harmonische Strukturen zu erhalten. Heute spielt die direkt berechenbare Merkmalsgewinnung aus dem Zeitsignal bis auf wenige Ausnahmen kaum mehr eine Rolle (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995).

#### **2.3.4.2.2 Spektrumanalyse**

Ein Sonagramm visualisiert den zeitabhängigen Verlauf der spektralen Komponenten im Lautsignal (siehe Abb. 4.4). Möglich wurde dies durch die Entwicklung der Fast-Fourier-Transformation (FFT), die es erlaubte digitale Frequenzspektren sichtbar zu machen. Die dafür benötigte digitale Übertragung des Lautsignals aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich wurde mittels eines schnellen Algorithmus bewerkstelligt, der Fast-Fourier-Transformation (COOLEY & TUKEY, 1965). Die Analyse von Sonagrammen ist kompliziert, da verschiedene Analysenbandbreiten auch zu unterschiedlichen Informationen führen (OWREN & BERNACKI, 1998). Es gibt im Wesentlichen zwei Arten von Sonagrammen, die durch die Analysebandbreite, d.h. die Größe der Fensterbreite, bestimmt werden: Breitband- und Schmalbandsonagramme: Bei ersteren wird über ein relativ breites Frequenzband die Energie gemittelt (Kurzzeit-FFT, hohe Auflösung in der Zeit), wodurch der Einfluss des Vokaltraktes und die Formantenstruktur gut erkennbar ist. Die Schmalbandsonagramme arbeiten dagegen mit einer hohen Auflösung im Frequenzbereich (Langzeit-FFT), die einzelne „Harmonische“ gut abbilden und somit den Einfluss der Glottis darstellen (REETZ, 2003). Die klassische Analyse erforderte den Kompromiss aus der Berücksichtigung beider Effekte, was zu Ungenauigkeiten führt.

Die Spektrumsanalyse transformiert die Daten des Zeitsignals (Oszillogramm) aus dem Zeitbereich in das Frequenzspektrum und damit in den Frequenzbereich und sucht nach periodischen Schwingungen und deren Veränderungen im Lautabschnitt. Ein (komplexer) Laut setzt sich aus einer unendlichen Anzahl von Einzelschwingungen (Sinusschwingungen) zusammen. Dabei ist die spektrale Zusammensetzung durch die Amplituden, Frequenzen und Phasenlagen der auftretenden Sinuskomponenten charakterisiert (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). Die gebräuchlichste Analyse mit der Fast-Fourier-Transformation, benannt nach dem französischen Mathematiker Fourier (1822), fasst jedes periodische Zeitsignal als Summe von unendlich vielen Sinusschwingungen auf, die eindeutig durch Frequenz, Amplitude und Phasenlage bestimmt sind. Die Anwendung der Fourier-Transformation auf ein kurzes Stück des Zeitsignals führt mit geringem Aufwand schnell zu einem Spektrum, bei dem die Amplitude der Sinuskomponenten gegen die Frequenz abgebildet wird. Die Phasenlage wird in der Regel vernachlässigt und nur die Leistung im Spektrum dargestellt (REETZ, 2003). Damit wird eine erste Datenreduktion erreicht. Eine Transformation von z.B. 256 Datenpunkten im Zeitbereich führt zu einer Darstellung von 128 Datenpunkten im Frequenzspektrum (OWREN & LINKER, 1995). Das Fourierspektrum enthält genau dieselbe Information wie das Zeitsignal (Oszillogramm), in dem die Amplitude gegen die Zeit dargestellt ist.

#### **2.3.4.2.3 Cepstrumanalyse**

Die Cepstrumanalyse ermöglicht eine kompakte Kurz-Zeit-Darstellung eines Lautsignals mit einer niedrigen Anzahl von Merkmalen. Es trennt die „Grob“- von der „Feinstruktur“ im Spektrum eines Sprachsignal. Basis für die Cepstrumanalyse ist das „Quelle-Filter-Modell“ der Lautproduktion (FANT, 1970). Dieses entspricht der Aufteilung des Spektrums in Beiträge des glottalen Anregungssignal (Quelle) und der Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes (Filter). Die Cepstralanalyse zerlegt das Lautsignal in periodische Anteile (Grundfrequenz und zugehörige „Harmonischen“) und aperiodische Anteile (Hüllkurve des Frequenzspektrums als Vokaltraktcharakteristik). Es ist eine Fourier-Rückwärtstransformation vom Frequenzbereich in den Zeitbereich mit der Einheit Quefrenz (= um Verwechslungen mit Frequenz zu vermeiden). Dabei wird zunächst durch eine weitere Fourier-Transformation des Leistungsspektrums, ein Spektrum des Spektrums (Spektrum - invers ausgedrückt = Cepstrum (BOGERT et al., 1963)) berechnet (KOLERUS, 2000; REETZ, 2003). Das Cepstrum ist also das Spektrum des Spektrums, d.h. die FFT einer FFT eines Zeitsignals. Durch diese zweimalige Fouriertransformation bzw. Rücktransformation erhält man die Frequenz des Spektrums, das bedeutet den

„Rhythmus“ der harmonischen Frequenzanteile. Für die Erkennung der Sprache ist die Information über den Vokaltrakt am entscheidendsten. Die „Grobstruktur“ findet sich im niederquefrenten Anteil des Sprachsignals und repräsentiert Informationen der Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes (Formantenstruktur). Während sich in den Ausschlägen der höherquefrenten Anteile die „Feinstruktur“ wiederfindet, die die Information des Anregungssignals (Grundfrequenz und „Harmonische“) beinhaltet (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995).

#### **2.3.4.2.4 Lineare Vorhersage (LinearPredictionCoding)**

Als Grundlage für das Lineare-Vorhersage-Verfahren dient ebenso das „Quelle-Filter-Modell“ der Sprache. Die Darstellung eines Lautsignals in einem oben beschriebenen Kurzzeitspektrum kann für dessen Untersuchung zuviel an Informationen beinhalten, weil im Spektrum gleichzeitig Daten der Glottis und des Vokaltraktes dargestellt werden (REETZ, 2003). Häufig interessiert, wie schon oben angedeutet, nur der Einfluss des Vokaltraktes. Ziel der meisten Merkmalsgewinnungsverfahren ist es, die störenden Glottiseinflüsse auf das Ergebnis zu verringern bzw. zu reduzieren (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995). Die LPC-Analyse zerlegt ein Lautsignal in Parameter über die Amplitude, Grundfrequenz und Parameter die den Vokaltrakt beschreiben (REETZ, 2003). Diese Methode der linearen Vorhersage von Abtastwerten eines Zeitsignals (ATAL & HANAUER, 1971; ATAL, 2003) liefert eine äußerst kompakte Kurzzeitrepräsentation des Lautsignals bei vergleichsweise bescheidenem Rechenaufwand (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995) und damit eine quantitative, reproduzierbare Charakteristik des Frequenzspektrums (OWREN & BERNACKI, 1998). Mit der Methode lässt sich der Beitrag des Vokaltraktes am gebildeten Laut unabhängig vom Einfluss der Glottis abschätzen und grafisch darstellen (REETZ, 2003). Die LPC über das Zeitsignal liefert die Einhüllende (Envelope) des Frequenzspektrums und charakterisiert die Resonanzfrequenzen des Vokaltraktes. Die Vokaltraktresonanzen (formantähnliche Strukturen) verdeutlichen sich im Spektrum als relative Maxima und Minima und ihre Lage ergibt sich aus der Umhüllenden des Kurzzeitspektrums. Durch diese lassen sich Laute voneinander unterscheiden, da sie alle relevante Informationen zur Identifikation bereithalten (SCHUKAT-TALAMAZZINI, 1995; SCHRADER & HAMMERSCHMIDT, 1997; MCCOMB & REBY, 2009). Das resultierende LPC-Sonagramm ähnelt Sonagrammen, die auf der Grundlage der Fast-Fourier-Transformation (FFT) erstellt wurden, ist aber auf deutlich weniger Parameter gegründet (SCHÖN et al., 2001).

#### **2.3.4.2.5 Sonstige Ansätze**

Ein Zweifel besteht an der uneingeschränkten Übertragung von üblicherweise in der humanen Sprachforschung gebräuchlichen Verfahren und Methoden auf andere Säugetierlaute (SCHRADER & HAMMERSCHMIDT, 1997). Gründe sind u. a. die auftretenden Unterschiede zwischen dem menschlichen Vokaltrakt und dem anderer Säugetierarten. So sah auch SCHUKAT-TALAMAZZINI (1995) die im Verlaufe der Kurzzeitanalyse gewonnenen Merkmale erst als statische, spektrale Information, die noch durch dynamische Parameter ergänzt wurden, welche den zeitlichen Verlauf der Merkmale charakterisierten. Vor allem tierische Vokalisation variierte enorm häufig in ihrer akustischen Struktur (SCHRADER & HAMMERSCHMIDT, 1997). Diese reichten von periodisch tonalen glottisangeregten Lauten bis zu vollkommen atonal turbulenten Lauten (Geräusche) (TEMBROCK, 1982, 1996) und zwischen diesen Extremen erschienen nichtlineare dynamische Phänomene (TOKUDA et al., 2002). Die jüngsten Erkenntnisse resultierten in verschiedenen neuen Analysemethoden und Verfahren, beispielsweise einem aktuellen Ansatz zur Bewertung nichtlinearer Phänomene im vokalen Lautrepertoire des Wildhundes (WILDEN et al., 1998) und des Haushundes (TOKUDA et al., 2002; VOLODIN et al., 2005), des Rhesus-Makaken sowie des Schweins (FITCH et al., 2002; TOKUDA et al., 2002).

### 3 Aufgaben- und Zielstellung

Der steigenden Milchleistung in den letzten Jahrzehnten stehen trotz aller positiven Entwicklungen in der bedarfsgerechten Fütterung, der Tierhaltung und dem Management zunehmend die Probleme in der Verschlechterung der reproduktiven Leistung, der Gesundheit und der Nutzungsdauer der Kühe gegenüber. Die Optimierung der Brunsterkennung in der Milchviehhaltung bewirkt neben der direkten Bestimmung des zeitlich richtigen Besamungszeitpunktes auch eine indirekte Verbesserung der Herdenfruchtbarkeitsleistung mit geringeren ökonomischen Verlusten (nichttragend werdende Abgänge, Remontierungsrate). Entscheidend dafür ist die effektive und qualitativ genaue Feststellung der Brunst. Dabei wird weltweit mit einer BER zwischen  $\leq 50\%$  (WILLIAMSON et al., 1972, WASHBURN et al., 2002) und 70 % in Milchviehherden häufig das angestrebte hohe Niveau bei weitem nicht erreicht. Außerdem erfolgen in erheblichem Maße Inseminationen bei falsch erkannten Tieren, die sich außerhalb der Brunst in der Lutealphase befinden (NEBEL et al., 1987, HOLTZ & MEINHARDT, 1993). Die angewandten Verfahren zur Brunsterkennung, welche die zeit- und personalaufwendige konventionelle visuelle Beobachtung durch den Menschen unterstützen, haben bezüglich ihrer Anwendbarkeit und Effizienz Vor- und Nachteile (FIRK et al., 2002; BECKER et al., 2005). Deshalb wird es entscheidend sein, verstärkt die Optimierung der Brunsterkennung in den Blickpunkt zu rücken.

Mit der vorliegenden Arbeit wird ein ethophysiologischer Ansatz verfolgt, die Brunst im Zusammenhang mit dem Verhaltensparameter Vokalisation zu erfassen. Die Vokalisationen von weiblichen Rindern sind in der Literatur als ein sekundäres Brunstmerkmal beschrieben worden (SCHLOETH, 1961; BUSCH, 1989; NEBEL et al., 1994). Diese Laute können Informationen über den Sexualstatus enthalten (WATTS & STOOKEY, 2000). Im Schrifttum sind brunstbedingte Lautuntersuchungen bei weiblichen Rindern nur vereinzelt vorhanden (YEONG et al., 2006; SCHÖN et al., 2007). Verlässliche Daten über quantitative Zusammenhänge sexuell determinierter Vokalisation und qualitative Aspekte von Lautststrukturen, sowie auch zur Bedeutung zwischen ausgesuchten Brunstverhaltensparametern und brunstbedingter Vokalisation bei weiblichen Rindern sind dringend notwendig.

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der vergleichenden Analyse sensor- und rechnergestützt erfasster Daten zum zyklusabhängigen Vokalisationsverhalten zweier Haltungssysteme sowie von ausgesuchten Brunstverhaltensparametern bei Jungrindern. Die Etablierung eines geeigneten Routineverfahrens zur Bestimmung der

Brunst auf Basis der automatischen Vokalisationserfassung, auch in Kombination mit anderen Verfahren, könnte eine Möglichkeit sein, um dem Ziel einer sicheren und akkuraten Brunsterkennung in der Milchviehhaltung näher zu kommen.

Um einen Beitrag zur Klärung dieser Problembereiche zu leisten, wurden daher folgende Untersuchungsschritte abgeleitet:

- kontinuierliche sensor- und rechnerbasierte Erfassung der Vokalisationsdaten (Sendertiere) über mehrere Brunstperioden vergleichend in der Anbinde- und Gruppenhaltung,
- kontinuierliche Erfassung ausgewählter Verhaltensparameter zur Brunst in Gruppenhaltung mittels Videoaufzeichnung,
- Entnahme zeitlich determinierter Blutproben zur  $P_4$ - und  $E_2$ -Konzentrationsbestimmung zur Verifizierung der Brunst,
- Bestimmung des Ausmaßes und des zeitlichen Verlaufes der Gesamtvokalisation und ausgewählter Brunstverhaltensparameter,
- Prüfung der harmonischen und disharmonischen Lautkomponenten an der Gesamtvokalisation (Cepstrum, lineare Vorhersage - **LinearPredictionCoding**),
- Kalkulation des Anteils der Lautkomponenten an der Gesamtvokalisation sowie der Daten zum Brunstverhalten auf Basis der Methode nach VAN EERDENBURG et al. (1996),
- Beurteilung der Aussagequalität der untersuchten Parameter in Gruppenhaltung hinsichtlich der genauen Erkennung von Brunstereignissen sowie Darstellung von Wechselwirkungen zwischen Vokalisation und Brunstverhaltensparametern.

Die experimentellen Untersuchungen sollen der Klärung folgender Hypothesen dienen:

1. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Vokalisationshäufigkeit und dem Zyklusverlauf in Abhängigkeit des hormonellen Status, der quantitativ über mehrere Brunstzyklen messbar ist.
2. Während des Einsetzens der Brunst kommt es in beiden Haltungssystemen zu einem bedeutenden Anstieg der Vokalisationshäufigkeit. Die Lauthäufigkeit am Brunsttag ist deutlich ausgeprägter als zu anderen Tagen des pro-, post- oder interöstrischen Zeitraumes.
3. Im Hinblick auf die Lautäußerung am Brunsttag zwischen den Haltungssystemen zeigt sich eine veränderte Lautanzahl in Anbinde- und Gruppenhaltung, aufgrund des möglichen kompensatorischen Brunstverhaltens sich frei bewegender Tiere.
4. Am Brunsttag findet eine Änderung der Lautstruktur statt, die zu einer Erhöhung disharmonischer gegenüber harmonischer Lautkomponenten am Laut führt.



Die Ergebnisse sollen eine verbesserte Beurteilung

- der Vokalisation als Qualitätsparameter zur sicheren Erkennung einer Brunst
- sowie der spezifischen Brunstmerkmale und deren Beziehung zur brunstbedingten Vokalisation ermöglichen.

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Versuchstiere

Die Untersuchungen wurden mit 10 weiblichen Jungrindern der Rasse Deutsche Holstein (DH) Farbrichtung schwarzbunt durchgeführt. Die Tiere wurden in zwei Haltungssystemen in Einzelanbindehaltung (Versuch 1, V 1) sowie in Gruppenhaltung (Versuch 2, V 2) im Verlauf mehrerer Brunstperioden in Versuchstierställen des Leibniz-Institutes für Nutztierbiologie (FBN) Dummerstorf geprüft. Das gemittelte Alter betrug in V 1 zu Versuchsbeginn  $19,0 \pm 4,6$  und in Gruppenhaltung  $21,5 \pm 3,7$  Monate. Die Lebendmasse (LM) der Tiere sowie der Beginn und das Ende des Untersuchungszeitraumes ist in Tab. 4.1 dargestellt.

Tab. 4.1: Geburtsdatum und Lebendmasse [kg] im Untersuchungszeitraum der Probanden

Tier	Geburtsdatum	Anbindehaltung (V 1)		Gruppenhaltung (V 2)	
		Lebendmasse zum Versuchs-			
		beginn	ende	beginn	ende
1	07.05.2004	375	430	630	621
2	14.08.2004	412	450	612	634
3	21.05.2004	545	615	671	700
4	30.08.2004	465	508	540	560
5	15.04.2004	590	644	670	645
6	22.12.2004	560	579	588	560
7	12.03.2005	431	479	487	491
8	14.04.2005	467	490	494	513
9	29.03.2005	440	498	470	440
10	06.05.2004	680	699	662	673
11 <sup>1</sup>	09.07.2005	-	-	434	457

<sup>1</sup> Zusatztier V 2

### 4.2 Tierhaltung und Fütterung

#### V 1 (Anbindehaltung)

Im ersten Versuchsdurchgang wurden 10 Jungrinder für die Lautuntersuchungen im Juni und November 2005 sowie Juni 2006 auf Gummiliegematten in Anbindehaltung

eingestellt. Die auf Basis der Lebendmasse und des Alters der Tiere bedarfsgerecht eingestellte Ration setzte sich aus Rauhfutter und einem handelsüblichen Mineralfutter zusammen. Die Ration enthielt die Komponenten Gras- bzw. Maissilage (85 %) und Heu (13,5 %) in Form einer Totalen-Misch-Ration (TMR) sowie Mineralfutter (1,5 %). Die Fütterung erfolgte zweimal täglich morgens und nachmittags. Wasser stand über Selbsttränken *ad libitum* zur Verfügung. Nach Abschluss der ca. 2 h dauernden Arbeiten morgens und nachmittags wurde das Licht im Stall gelöscht.

### V 2 (Gruppenhaltung)

Aufgrund der räumlichen Voraussetzungen wurden für die Laut- und Brunstverhaltensuntersuchungen 3 derselben 10 Jungrinder als Gruppe (n = 3 Tiere) in eine Tiefstreu-Box von ca. 21 m<sup>2</sup> Größe eingestellt und parallel untersucht. Durch die Einteilung der Gruppengröße wurde ein 11. Zusatztier in die letzte Gruppe eingestellt, dessen Daten nur für die Auswertung der Verhaltensmerkmale ohne die Vokalisation genutzt wurde. Die Aufteilung der Probandinnen erfolgte in insgesamt vier Gruppen: Gr. 1 (Tier 1, 2, (3)), Gr. 2 (Tier 3, 4, 5), Gr. 3 (Tier 6, 7, 8) und Gr. 4 (Tier 9, 10, 11). In der ersten Gruppe konnten zunächst methodisch bedingt nur Datensätze von zwei der drei Probandinnen erhoben werden, so dass Tier 3 aus Gruppe 1 im Anschluss in der Gruppe 2 verblieb. Fütterung und Fütterungszeiten sowie Rationszusammensetzung erfolgten analog wie in Anbindehaltung. Wasser stand über eine Selbsttränke *ad libitum* zur Verfügung. Die vier Gruppen wurden nacheinander im Frühjahr (April - Juli), Sommer (Juli/August), Herbst 2006 (August - November) und Winter 2006/07 (November - Januar) eingestellt. Zum natürlichen Licht wurde in den Herbst- und Wintermonaten tagsüber künstliches Licht durch Stallbeleuchtung in Form von neun Leuchtstoffröhren ergänzt, um etwa 8 - 10 h Helligkeit am Tag zu gewährleisten.

### 4.3 Brunstbeobachtung

Für alle 10 Tiere wurden seit Einstellungsdatum (Juni 2005) Sexualzyklus und tierärztliche Maßnahmen protokolliert. Vor Versuchsbeginn wurde zwischen den Zyklustagen 10-14 nach einer abgelaufenen Brunst (d 0) eine ultraschallgestützte transrektale Untersuchung für die eindeutige Feststellung eines C. I. durchgeführt. Es kamen ausnahmslos klinisch gesunde Tiere mit regelmäßigen Interöstrusintervallen zum Einsatz.

Bei allen zur Untersuchung anstehenden zyklischen Jungrindern wurde eine visuelle Brunstbeobachtung durchgeführt. In Anbindehaltung erfolgte diese zweimal täglich (8:00

und 15:00 Uhr) mit einer Dauer von etwa 10 Minuten resp. in Gruppenhaltung etwa 20 Minuten und während der erwarteten Brunst dreimal täglich (8:00, 12:00 und 16:00 Uhr). Die visuelle Brunstbeobachtung basierte auf der Beurteilung des Verhaltens, der Rötung der Vaginalschleimhaut (Hyperämisierung) und der Schwellung der Vulva sowie der Sekretion (schwach, mittel, stark) und Konsistenz von Brunstschleim (trüb, klar). Durch Progesteronbestimmung im Blutplasma erfolgte retrospektiv eine Zuordnung der Brunstsymptomatik zur visuellen Brunstbeobachtung. Zur besseren Vergleichbarkeit der vorliegenden Daten mit Literaturangaben wurde der visuell beobachtete Brunsttag als d 0 festgelegt.

#### 4.4 Experimentelles Design

Neben der Dokumentation in einem Stallbuch wurden alle Daten zum Sexualzyklus, zur Vokalisation und zum Verhalten elektronisch protokolliert. Im Rahmen der Untersuchungen wurden im Untersuchungszeitraum neben der kontinuierlichen Lautaufnahme zu definierten Zeitpunkten Blutproben entnommen sowie ausgewählte ethophysiologische Parameter erfasst (Tab. 4. 2). Somit lag ein umfassendes Monitoring an relevanten akustischen, ethophysiologischen und endokrinologischen Untersuchungsparametern über den gesamten Versuchszeitraum vor.

Tab. 4.2: Untersuchungsparameter und Untersuchungszeitraum

Parameter	Untersuchungszeitpunkte und –merkmale	
	V1	V2
Lautaufnahmen		
Tiere	1 (separiert)	3 (in Gruppe)
Tieranzahl	10	10
Hormone P <sub>4</sub> , E <sub>2</sub>	d (-3), -2, -1, 0*, +1, +2, +5, +10	d (-3), -2, -1, 0*, +1, +2, +5, +10
Zeitraum	mindestens 3 Brunsttage	mindestens 2 Brunsttage
Akustische Aufnahmen	kontinuierlich (-9 d vor d 0* bis +10 d)	kontinuierlich (-9 d vor d 0* bis +10 d)
Verhaltensbeobachtung		
Verhaltensparameter	-	periöstrischer Zeitraum des Fokustieres <sup>#</sup> (kontinuierlich, mind. 24h)
Tieranzahl	-	11
Zeitraum	-	mindestens 2 Brunsttage

\*bezogen auf den visuell beobachteten Brunsttag; <sup>#</sup> Fokustier - brünstiges Tier

In den Versuchen kam ein patentiertes Lautaufnahmeverfahren zur Anwendung, das automatisch eine kontinuierliche Messung von Lauten während des Sexualzyklus

ermöglichte (SCHÖN et al., 2005). Mit dieser nicht-invasiven Technik der Lautaufnahme besteht die Möglichkeit, Daten zum Lautverhalten der Tiere (fast) unbeeinflusst, unter weitestgehender Beibehaltung des Verhaltens in ihrer Haltungsumwelt mit vertretbarem Aufwand zu erfassen.

In zwei Versuchsdurchgängen wurde das Vokalisationsverhalten von 10 zyklischen Jungrindern konsekutiv in Anbinde- (V 1) sowie derselben anschließend in Gruppenhaltung (V 2) im Verlauf mehrerer Brunstperioden untersucht. In V 2 wurden die Laut- und Verhaltensuntersuchung zeitlich zu V 1 versetzt mit jeweils drei der Probandinnen parallel durchgeführt und durch zusätzliche Videoaufnahmen unterstützt. Insgesamt lagen über alle Tiere für den Brunstzeitpunkt mindestens  $3 \times 10 = 30$  (V 1) bzw.  $2 \times 10 = 20$  (V 2) Datensätze zur weiteren Auswertung vor.

Zur Verifizierung der Brunst sind neben der visuellen Brunstfeststellung die Konzentrationen der wesentlichsten am Sexualzyklus beteiligten Steroidhormone  $P_4$  und  $E_2$  bestimmt worden. Zur Entnahme der Blutproben für die quantitative Hormonkonzentrationsbestimmung wurden der Probandin durch Punktion der Schwanzvene (*Vena coccygea*) einmal täglich etwa 5 ml Blut über den in Tabelle 4.2 angegebenen Zeitraum entnommen.

#### Lautaufnahmen V 1 (Anbindehaltung)

Zu Beginn der Untersuchungen wurde das für die Vokalisationsaufnahmen vorgesehene Tier am Ende des Stalles separat mit einem Abstand von ungefähr 5 m zum benachbarten Tier aufgestellt (Abb. 4.1).

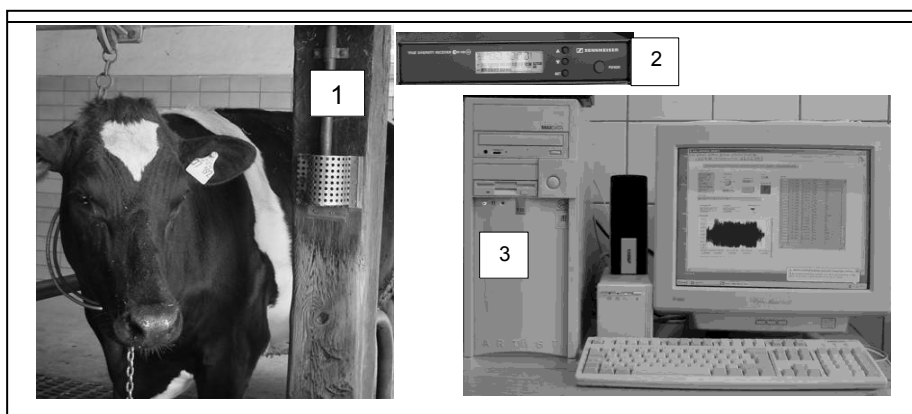


Abb. 4.1: Lautaufnahme in Anbindehaltung mit Abstand zum Nachbar-tier. (1) sicher angebrachtes stationäres Mikrophon (nicht sichtbar) mit Taschensender; (2) stationäre Empfangseinheit; (3) Computer mit Lautaufnahmeprogramm

Damit blieb die Probandin in der gewohnten Umgebung mit visuellem und akustischem Kontakt zu den Stallgefährtinnen. Mit dieser räumlichen Separierung sind Aufnahmen

fremder Tiere weitestgehend vermieden worden. Die Vokalisationsaufnahmen erfolgten mittels eines drahtlosen stationären Funkmikrofonsystem (AKG SR 51 Series, Harman International Industries, Stamford, USA), bestehend aus einem Mikrofon (AKG C 417 L), einer Sender- (AKG SR51 PT 51) und Empfängereinheit (AKG SR 51). Das stationäre Lavaliermikrofon und die Sendereinheit wurden fest an einem Stallpfeiler in Kopfnähe des Tieres installiert bzw. an der Stalleinrichtung befestigt und gesichert. Während des Versuchszeitraumes wurden die akustischen Signale rund um die Uhr computergestützt kontinuierlich aufgezeichnet. Nach einer Eingewöhnungszeit des Tieres von ein bis drei Tagen an die Versuchsbedingungen wurden die akustischen Aufnahmen gestartet. Jede Probandin wiederholte die Datenerfassung während der Brunst in dieser Form der Anbindehaltung mindestens zweimal bzw. teilweise auch dreimal (2 Tiere). Die Versuchsdauer betrug insgesamt 20 Monate.

#### *Lautaufnahmen und Verhaltensbeobachtung V 2 (Gruppenhaltung)*

Für die Untersuchungen in V 2 erfolgten die akustischen Aufnahmen ebenfalls mit einem drahtlosen stationären Funkmikrofonsystem (eW 100 G2, Sennheiser, Wedemark, Deutschland). Das weiträumig aufnehmende Mikrofon (ME 2 eW) wurde über der Box angebracht. Parallel zur Lautaufnahme wurde das Verhalten der Tiere in der Gruppenbox mittels Video (Industriekamera KC 3800 Conrad, VHS Videokassetten) im Zeitrafferverfahren (time-lapse, 5-fach Geschwindigkeit) aufgezeichnet (Abb. 4.2).

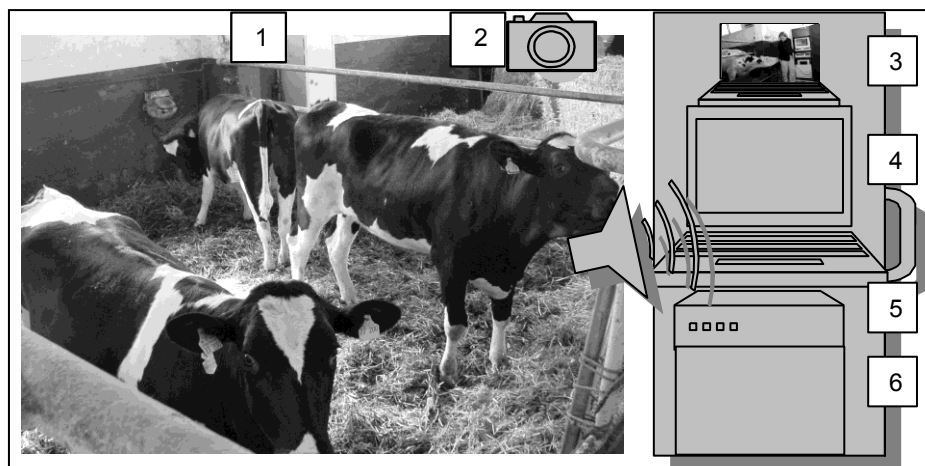


Abb. 4.2: Untersuchungen in V 2. (1) stationäres Mikrofon mit Sendereinheit; (2) Industriekamera; Technischrank mit: (3) TFT-Monitor (für die Kameraeinstellung); (4) Computer mit Lautaufnahmeprogramm; (5) stationäre Empfängereinheit; (6) Videorekorder mit Zeitraffer-Funktion (time-lapse)

Anhand der Videoaufnahmen wurden die Verhaltensweisen im Östrus und Interöstrus analysiert sowie die Lautzuordnung zu den jeweiligen Tieren vorgenommen (s. 4.5.3).

Mit dem Ziel, eine weitere Brunst nach einem technisch bedingten Ausfall im engen zeitlichen Versuchsrahmen zu erreichen, erhielten zwei Probandinnen nach klinischer und ultraschallgestützter transrektaler Feststellung eines C. I. am Zyklustag 12 eine einmalige i.m. Injektion von 2 mg ProstaglandinF (PGF<sub>veyx</sub>Forte; Wirkstoff 0,5 ml Cloprostenol, Veyx Pharma, Deutschland) zur Induktion der Luteolyse. Nach der Injektion betrug das Intervall zum Östrus 2 Tage (Tier 3) bzw. 4 Tage (Tier 10). Diese Vorgehensweise ist verschiedenst angewandt und bezüglich der untersuchten Parameter von natürlicher und induzierter Brunst als gleichwertig betrachtet worden (WALKER et al., 1996, ROELOFS et al., 2005). Jede Probandin wiederholte die Datenerfassung während der Brunst in dieser Form der Gruppenhaltung mindestens einmal. Die Gesamtversuchsdauer dieses Durchganges betrug insgesamt 10 Monate.

## **4.5 Datenerfassung**

### **4.5.1 Messung von Hormonkonzentrationen in Körperflüssigkeiten**

Nach der Blutprobennahme wurde die drei- bis viermal geschwenkte Probe unverzüglich 12 min bei 4500 U·min<sup>-1</sup> zentrifugiert (Heraeus Megafuge 1.0 R, Langenselbold, Deutschland), anschließend das Blutplasma in Röhrchen (5 ml, Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Deutschland) abpipettiert und bis zur weiteren Analyse bei -20°C tiefgefroren.

#### *Progesteron*

P<sub>4</sub>-Konzentrationen der Blutplasmaproben wurden nach dem Auftauen mit Hilfe eines direkten, kompetitiven <sup>3</sup>H-RIA (Tritium-RIA) in Doppelbestimmungen mit 0,05 ml Plasma je Probe analysiert. Als Tracer diente ein [1,2,6,7-<sup>3</sup>H]-Progesteron (Amersham Bioscience, Freiburg, Deutschland). Ein durch Immunisierung mit 11-Hydroxy-Progesteron-Konjugat in Kaninchen erzeugter Antikörper kam zum Einsatz. Die Trennung des antikörpergebundenen vom freien Steroid (B/F) wurde mit einer Dextran-Aktivkohle-Suspension vorgenommen. Die Messung erfolgte in einem Flüssigszintillationsspektrometer mit integrierter RIA-Auswertung (WALLAC, Turku, Finnland). Der Intra-Assay-Variationskoeffizient lag bei 8 % und der Inter-Assay-Variationskoeffizient betrug 10 %. Ausführlicher beschrieben SCHNEIDER et al. (2002) den Progesteron-RIA. P<sub>4</sub>-Konzentrationen von < 1 ng/ml im Zusammenhang mit einem folgenden Anstieg der P<sub>4</sub>-Konzentration in den nächsten Zyklustagen wurden als eindeutiges Anzeichen einer Brunst angesehen (WALKER et al., 1996).

### Östradiol-17 $\beta$

Die Bestimmung der E<sub>2</sub>-Konzentration erfolgte in Doppelbestimmung mit Hilfe eines <sup>3</sup>H-RIA mit 1 ml Blutplasma je Probe nach vorausgehender Extraktion mit Diethylether. Es kam ein gereinigter Antikörper gegen [2,4,6,7-<sup>3</sup>H]-Östradiol zum Einsatz, der von Kaninchen stammt. Zur B/F-Trennung wurde ebenfalls eine Dextran-Aktivkohle-Suspension eingesetzt. Die Empfindlichkeit des Assays lag bei 3 pg/ml. Der Intra-Assay-Variationskoeffizient der E<sub>2</sub>-Bestimmungsmethode lag bei 7,4 % und der Inter-Assay-Variationskoeffizient betrug 9,4 % (SCHNEIDER et al., 2002).

## 4.5.2 Methodik und Analyse von Lautsignalen

Lautereignisse wurden kontinuierlich automatisch nach der Erfassung gespeichert und anschließend einer Lautanalyse unterzogen. Die dafür eingesetzten Programme sind unter der grafischen Programmieroberfläche LabVIEW (National Instruments Corporation, Version 7.1, USA 2004) im FB Verhaltensphysiologie Dummerstorf erfolgreich entwickelt worden.

### 4.5.2.1 Prinzip der akustischen Lautaufnahmen

Methodisch kann ein Laut auf zwei Wegen aufgezeichnet werden: einerseits kontinuierlich (neben der Vokalisation auch Zeiten der Nichtvokalisation, z.B. digitaler Kassettenrekorder), wobei einzelne Vokalisationen zeitaufwändig aus dem umfangreichen Material herausgeschnitten werden müssen. Andererseits kann ein Laut auch diskret getrennt mit zugehöriger Datums- sowie Anfangs- und Endzeitangabe protokolliert werden. Dies war das Ziel der vorliegenden Arbeit und wurde in beiden Haltungen über die gesamte Versuchszeit angewandt. Durch die eingesetzte Aufnahmetechnik entstanden für jedes Tier komplette Lautaufnahmen über den gesamten Versuchszeitraum.

Die erfassten Lautsignale wurden mittels des Senders drahtlos an eine stationäre Empfangseinheit weitergeleitet. Der Empfänger wurde mit der Soundkarte des Computers verbunden. Für eine Verarbeitung und Analyse müssen solche analogen Signale in digitale Signale umgeformt werden, wobei der Signalverlauf abgetastet wird. Die Abtastfrequenz (*sampling rate*) bestimmt in welchen Intervallen diskrete Datenwerte vom kontinuierlichen Verlauf des Originalsignals abgetastet werden (OWREN & LINKER, 1995), mit anderen Worten es wird der auswertbare Frequenzbereich gewählt. Aus den Abtastwerten lässt sich eine kontinuierliche Funktion  $f(t)$  vollständig rekonstruieren, wenn die Abtastfrequenz etwa die doppelte maximale Frequenz (Nyquistfrequenz) darstellt



(OWREN & LINKER, 1995). Da die maximale Frequenz nach dem Abtasten im digitalen Signal die Hälfte der Abtastfrequenz beträgt, erlaubt etwa die für diese Arbeit gewählte Abtastfrequenz von 22 kHz die Repräsentation von Frequenzen bis zu 11 kHz. Die Digitalisierung der Lautaufnahmen über die Soundkarte wurde mit einer Abtastfrequenz von 22,05 kHz (16 bit Auflösung in Monoqualität) vorgenommen (SCHÖN et al., 2007). Diese Aufnahmequalität erwies sich für die Untersuchungen von Rinderlauten als ausreichend, da alle wesentlichen Merkmale im Bereich unter 5 kHz (JAHNS, 1997, 2006) bzw. unter 10 kHz (SCHÖN, mündliche Mitt.) liegen. Auditiv am empfindlichsten ist das Rind bei 8 kHz (GRANDIN, 2000) und der frequenzbezogene Hörbereich liegt etwa zwischen 20 Hz und 35 kHz. In diesem relevanten Bereich liegen die bei der Lautgebung erzeugten Frequenzen (BREER, 2010).

Das Prinzip des Algorithmus einer Lautaufnahme wird in Abbildung A 1 im Anhang verdeutlicht. Es wurden fortlaufend serielle Signalfenster aus den Aufnahmen generiert. Über die Mittelwertberechnung der Signalfenster wurden nur solche berücksichtigt, die den Schwellenwert über eine bestimmte Zeit überschritten. Alle überschwelligen Signalfenster wurden gespeichert und mit dem jeweiligem Datum, der Anfangs- und Endzeit des Lautes protokolliert. Als diskrete Vokalisation (Schallereignis) wurde eine Folge solcher Signalfenster definiert, bei der das erste und die direkt darauf folgenden Signalfenster über dem Schwellenwert blieben, solange bis ein unterschwelliges Signalfenster auftrat. Das Signal, in diesem Fall der Laut, war durch Zeiten der „Stille“ zu anderen Lauten abgegrenzt.

Fremdaufnahmen in der *Anbindehaltung* (Laute anderer Rinder und Störgeräusche) sind zum größten Teil durch die Entfernung zum benachbarten Tier und die Einstellung an der Empfindlichkeitsschwelle des Aufnahmeprogramms verhindert worden. Die Einstellung der Schwelle gewährleistete, dass Umgebungsgeräusche geringerer Lautstärke als die in unmittelbarer Nähe des Tieres weitestgehend ausgeschlossen werden konnten. Somit konnte auch die anfallende Datenmenge reduziert werden. In der *Gruppenhaltung* ist bei der Lautaufnahmetechnik ein geringerer Schwellenwert gewählt worden, um die durch die Größe der Bucht bedingten weiter entfernt auftretenden akustischen Signale zu berücksichtigen. Fremdgeräusche in den Lautdateien konnten somit nicht verhindert werden.

#### **4.5.2.2 Analyse der Lautaufnahmen**

Vor einer Auswertung wurden die erfassten Einzellaute jedes Tieres manuell von Fremdlauten und -geräuschen getrennt („bereinigt“). Dafür wurde das in Abbildung 4.3

dargestellte Schnittprogramm genutzt, welches auch Oszillogramm- und Sonagrammansichten des Lautes enthielt. Für beide Versuchsdurchgänge sind aus etwa 91000 gespeicherten Aufnahmen 3898 Einzellaute in Anbindehaltung und 2107 Einzellaute in Gruppenhaltung separiert worden. Zur Zuordnung der individuellen Lautereignisse in Gruppenhaltung erfolgte zusätzlich zur Gehörprobe eine Beobachtung durch Video.

### Schnittprogramm mit Oszillogramm und Sonagramm

Ein Oszillogramm ist im Beispiellaut im oberen Bildabschnitt der Abbildung 4.3 (A) zu sehen. Es repräsentiert eine direkte grafische Abbildung des Lautsignals mit der Auftragung der Amplitude (in V) auf der vertikalen Achse und der Zeit (in s) auf der horizontalen Achse. Im Oszillogramm wird die akustische Information eines Lautsignals so dargestellt, wie es das Ohr oder ein Mikrophon aufnimmt (REETZ, 2003).

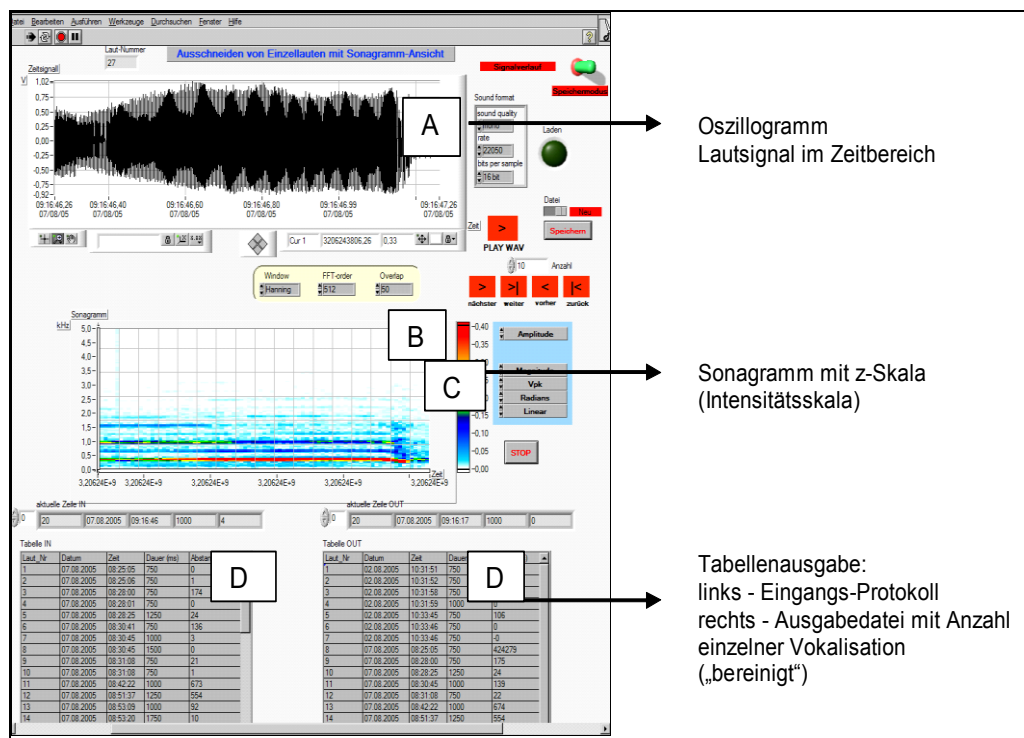


Abb. 4.3: Darstellung des Schnittprogramms bei einem typischen Jungrinderlaut mit Ansicht (A) des Zeitsignals, (B, C) Sonagramm mit z-Skala und (D) Lauttabellen (Dauer ca. 2 s, Erläuterung siehe Text)

Mit den beiden in Kapitel 2.3.4.2 vorgestellten Kurzzeitspektren-Verfahren *Cepstrum* und *LPC* kann nicht die Entwicklung eines Lautsignals in der Zeit repräsentiert werden, wie es im Oszillogramm möglich ist, sondern nur die Analyse eines kurzen Zeitbereichs des Signals erfolgen (REETZ, 2003). Eine Art Darstellung der Energieverteilung vieler

Kurzzeitspektren (FFT) über die Zeit liefert das Sonagramm im mittleren Bildabschnitt der Abbildung 4.3 (B). Es visualisiert den Laut in drei Parametern: Zeit, Frequenz und Amplitude (Intensität). Dieselbe akustische Information wie sie im Oszillogramm enthalten ist, wird im Fourier-Spektrum jedoch durch die Darstellung der Amplitude gegen die Frequenz abgebildet (REETZ, 2003). Im Spektrum des Sonagramms werden die Energieverteilung über die Frequenzen und deren zeitlicher Verlauf repräsentiert. Ein Sonagramm liest sich wie folgt:

- x-Achse: Zeit (in s), perzeptiv als Dauer wahrgenommen,
- y-Achse: Frequenz (in kHz), Stärke der Ausschläge resp. Höhe der einzelnen Schwingungen, erkennbar durch Anzahl und Dichte der Schwingungen, perzeptiv als Tonhöhe wahrgenommen,
- z-Achse: Intensität (Lautstärke, in dB), erkennbar durch die Höhen (Amplitude) der Schwingungen, der Grad der Schwärzung/Färbung zeigt die Energie in den einzelnen Frequenzanteilen (C), perzeptiv als Lautstärke wahrgenommen.

Zusätzlich wurden im Schnittprogramm die aufgezeichneten Einzellaute einmal in Form einer Input- und einer Output-Tabelle aufgelistet (unterer Bildbereich Abb. 4.3, D; links: Originaldatei, rechts: „bereinigte“ Datei).

#### 4.5.2.3 Prinzip der akustischen Lautmerkmalsgewinnung und Lautklassifikation

Für die folgende Merkmalsgewinnung aus den „bereinigten“ Lauten wurde das Verfahren der Hüllkurve (Envelope) des *Cepstrum* (siehe 2.4.4.1.3) auf Basis einer *linearen Vorhersage* (siehe 2.4.4.1.4) angewandt. Für die Kurzzeitspektralanalyse benötigte Zeitfenster (Fensterfunktion) wurden in der vorliegenden Untersuchung mit 92,88 ms gewählt und nacheinander transformiert (SCHÖN et al., 2007).

In den grafisch visualisierten Lautsignalen der Sonagramme konnten zwei unterschiedliche akustische Grundstrukturen bei den Junggrindern beobachtet werden (Abb. 4.4). Der in der Abbildung 4.4 im linken Bildabschnitt dargestellte Laut („Muh“) ist charakterisiert durch eine hauptsächlich harmonische Struktur, mit klar und regelmäßig verlaufenden vom verrauschten Anteil abgegrenzten Frequenzbändern (dunkle horizontal verlaufende Bänder). Dagegen zeigt der im rechten Bildabschnitt abgebildete Laut („Brüll“) hauptsächlich eine disharmonische Frequenzstruktur mit vermehrt geräuschhaften, nicht strukturierten Anteilen ohne klar abgesetzte Frequenzbänder. Zur näheren Charakterisierung beider Strukturen wurden das Verfahren der Hüllkurve (Envelope) des

*Cepstrum* genutzt (SCHÖN et al., 2001). Die nachstehenden Ausführungen zur Vorgehensweise dieser beiden Analysemethoden zur Gewinnung von Merkmalen aus den Gesamtlauten lehnen sich, soweit nicht Gegenteiliges erwähnt wird, an die Darstellungen von HÄMEL (2009) an.

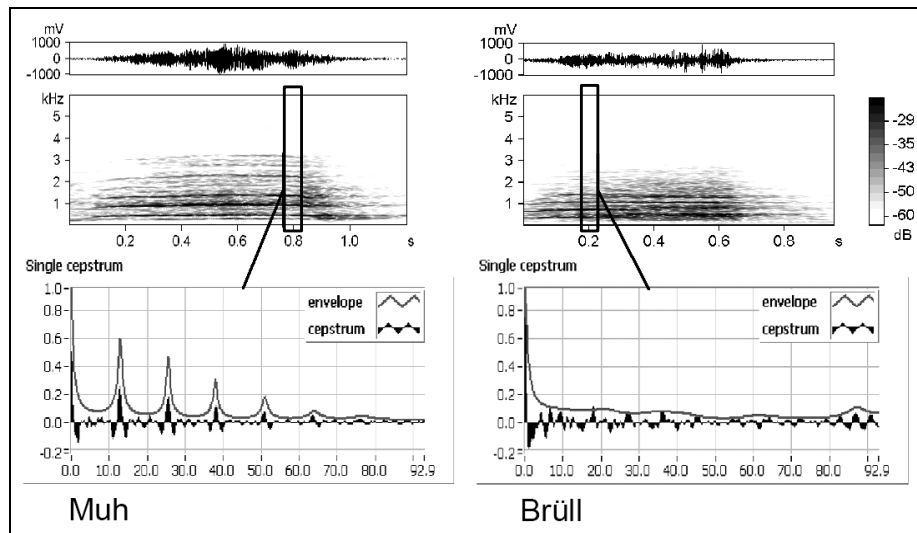


Abb. 4.4: Akustische Strukturen typischer Jungrinderlaute bestehend aus hauptsächlich harmonischen („Muh“) und disharmonischen („Brüll“) Lautkomponenten (Zeitsignal-Sonagramm, Cepstrum, Hüllkurve des Cepstrum)

Das *Cepstrum* ist eine allgemein gebräuchliche mathematische Transformation, um Informationen über den Rhythmus des harmonischen Frequenzteiles im Lautabschnitt zu erhalten. Im vorliegenden Beispiellaut ist das Cepstrum anhand der dunklen positiven wie negativen Zackenlinie in den unteren beiden Bildabschnitten der Abbildung 4.4 zu sehen. Mit einer FFT im Frequenzbereich (Sonagramm) wird durch eine weitere FFT des Frequenzspektrums das Cepstrum berechnet. Da aber die für die Modulation der Laute genutzten Cepstren (schwarze Zackenlinie) einzelner Lautabschnitte noch zu viele Parameter für eine effektive Datenverarbeitung enthalten, wird das Frequenzspektrum einer *linearen Vorhersage (LinearPredictingCoding)* unterzogen. Es entstehen in einem mathematischen Algorithmus LPC-Koeffizienten. Werden die ermittelten LPC-Koeffizienten einer Polynomentwicklung unterzogen, so ergibt sich die dargestellte Hüllkurve (Envelope, schwarze Linie) des Cepstrums. Für jedes Lautfenster wurde die Hüllkurve des Cepstrum berechnet. Die über die LPC über das Frequenzspektrum bestimmte Hüllkurve des Cepstrums weist bei den harmonischen Lautabschnitten mehrere lokale Maxima sowie nur ein lokales Maximum bei den disharmonischen Lautabschnitten der Laute auf. Im Vergleich der beiden unteren Bildabschnitte in Abbildung 4.4 ist deutlich zu erkennen, dass sich der harmonische und disharmonische Lautanteil beträchtlich

unterscheidet: rechts Maxima für harmonische und links kein Maximum für disharmonische Lautanteile. Der Rhythmus der harmonischen Frequenzanteile wird in der Hüllkurve des Cepstrums sichtbar. Anhand der Charakteristik dieser Hüllkurve erfolgte mittels des Computerprogrammes die Klassifikation von harmonischen und disharmonischen Lautabschnitten („Muh- und Brülleinheiten“), die anschließend für die Kalkulation genutzt wurden.

#### 4.5.3 Erfassung der Verhaltensparameter im periöstrischen Zeitraum und Interöstrus in Gruppenhaltung

Die Videoaufzeichnungen erstreckten sich über den periöstrischen Zeitraum (proÖstrus, erwartete Brunst bis zum Ende der Brunst) des jeweiligen Tieres, welches in Brunst erwartet wurde (Fokustier) mit Interaktionen der beiden Begleittiere. Mittels der Videoaufzeichnungen konnten die zu untersuchenden Verhaltensweisen zeitlich mit den Lautereignissen (d -9 bis d + 10) abgestimmt werden (s. 4.6.1).

Tab. 4.3: Ethogramm zum Brunstverhalten mit Definition und Angabe zur Wertung (Punktevergabe)<sup>1</sup>

Verhaltensmerkmal	Definition	Pkt
Beriechen	Tier bringt den Kopf in die Nähe (etwa 10 cm) des Anogenitalbereiches eines anderen Tieres für mind. etwa 5 Sek. und scheint es zu belecken oder beschnuppern zu wollen	10
Besprungen werden nicht dulden	Tier geht nach vorne, seitlich oder rückwärts weg, wenn ein anderes Tier (versucht) auf dieses Tier aufspringt (flieht)	10
Kinn ablegen	Tier legt oder reibt sein Kinn auf den Rückenbereich eines anderen Tieres	15
Aufspringen	Tier orientiert sich hinter einem anderen Tier, hebt sich mit seinem Körper über das andere Tier und umklammert mit seinen Vorderbeinen das Becken des anderen Tieres	35
Aufspringen auf den Kopf	Tier springt (versucht) von vorn auf den Kopf eines anderen Tieres auf	45
Duldung	Tier steht ruhig und still während des Aufsprunges eines anderen Tieres auf sein Becken, kein Versuch der Flucht, obwohl ein paar Schritte zur Balance unternommen werden können	100

<sup>1</sup>) nach VAN EERDENBURG et al.(1996), KERBRAT & DISENHAUS (2004), PHILLIPS (2002); Pkt - Punkte

Zur Auswertung des aufgezeichneten Verhaltens der Tiere wurden die in Tabelle 4.3 aufgeführten Merkmale der Brunst in Anlehnung an die in Kapitel 2.2.2.2 beschriebene Punktemethode von VAN EERDENBURG et al. (1996) ausgewählt. Jede innerhalb einer

bestimmten Beobachtungsperiode (0,5 h) auftretende Verhaltensweise der Tiere wurde mit einer entsprechend festgelegten Punktezahll protokolliert. Die Methode beinhaltet eine Punktevergabe im Bereich von 10 bis 100, in Abhängigkeit der Häufigkeit, mit welcher das Merkmal im Östrus und Interöstrus gesehen wird und wie exakt es die Brunst anzeigt. Beispielsweise wird dem Merkmal „Besprungen werden, nicht stehen bleibend“ mit der Punktzahl 10 eine geringe und dem Merkmal „Duldung“ mit der Zahl 100 die höchst mögliche Wertung zugewiesen. Für die anstehende Videoauswertung konnten jeweils 9 bis 18 halbstündige Beobachtungsintervalle festgelegt werden, da die Zeitrafferaufnahmen es ermöglichten einen ganzen Tag auf einem Videoband abzuspeichern. Dabei begann für die Auswertung ein Tag früh mit dem Tageslicht (oder Stalllicht) und endete mit der Dunkelheit (oder Ausschalten des Lichtes). Sämtliche im Tagesverlauf gezeigten Verhaltensweisen wurden wie bei der Vokalisation als Tageswerte aufsummiert.

Ein Tier ist als brünstig definiert worden, wenn in zwei aufeinander folgenden Beobachtungsperioden (2 x 0,5 h) zusammen die Summe von 100 Punkte erreicht wurde (VAN EERDENBURG et al., 1996). Ein regulärer Östrus wurde definiert als Brunst, bei der in jeder der Beobachtungsperioden während der Brunst mindestens eine definierte Brunstverhaltensweise gezeigt wurde. Als Beginn eines Östrus wurde die Zeit (Beobachtungsperiode) definiert, in der die erste Verhaltensweise gezeigt wurde, gefolgt von einer oder mehreren Beobachtungsperioden mit Brunstsymptomen, die in 100 oder mehr Punkten resultierten. Das Ende des Östrus wurde determiniert als erste Beobachtungsperiode, in der keine weiteren Merkmale mehr stattfanden (VLIET & VAN EERDENBURG, 1996).

Konnte der Beginn oder das Ende einer Brunst durch Dunkelheit oder technische Nichtaufzeichnung bedingt nicht erfasst werden, wurde diese Brunst von den jeweiligen Auswertungen ausgeschlossen. Die Anzahl der Tiere in Brunst während der Beobachtungszeit wurde ebenso protokolliert.

## **4.6 Datenaufbereitung und -auswertung**

### **4.6.1 Berechnung der Lautereignisse, Lautkomponenten und Hormonkonzentrationen sowie Kalkulation der Effizienz der Vokalisationsmethode**

Die Tabelle 4.4 stellt die in die Untersuchungen eingegangenen Datensätze für die Auswertung zur zyklusabhängigen Vokalisation dar. Bei zwei Probandinnen in

Anbindehaltung konnte aufgrund technischer Probleme eine zweite Wiederholung der Datenerfassung während der Brunst nicht aufgezeichnet werden. Andererseits wurde bei zwei weiteren Jungtieren eine weitere vierte Datenerfassung durchgeführt, die aber nicht in den Vergleich mit V 2 einbezogen wurde. Insgesamt lagen über alle Tiere für den Brunstzeitpunkt mindestens  $10 \times 3 = 30$  (V 1) bzw.  $10 \times 2 = 20$  (V 2) Datensätze zur Auswertung des Vokalisationsverhaltens vor. Da in Gruppenhaltung an einigen Brunsttagen keine Vokalisationsereignisse auftraten, wurden teilweise auch zwei Wiederholungen der Brunsten (6 Tiere) zur Datenerweiterung berücksichtigt.

Tab. 4.4: Anzahl der Wiederholungen der Brunsten je Tier für die Datenerfassung der Vokalisationsauswertung in V 1 und V 2 sowie den Vergleich beider Haltungssysteme (in Klammern)

	Brunsten			Gesamtanzahl
	1 Wiederholung	2 Wiederholungen	3 Wiederholungen	
V 1	2 x 2 Tiere	3 x 6 Tiere	4 x (2) Tiere	30 (28)
V 2*	2 x 4 Tiere	3 x 6 Tiere	-	26

\* ohne Zusatztier

Von jeder dieser 56 Brunsten wurden die natürlicherweise verschieden ausfallenden Zykluslängen ermittelt. Um eine Vergleichbarkeit aller Tiere zu erreichen, wurde zur weiteren Berechnung der tatsächlich beobachtete Brunsttag (d 0) und die Anzahl der Zyklustage synchronisiert. Für jedes Tier wurde eine Brunstperiode von 20 Tagen definiert und damit der Zeitraum auf 9 d vor und 10 d nach dem d 0 für die Auswertungen zur Vokalisation sowie zum Verhalten eingegrenzt. Ebenso wurde mit den Werten zum Verlauf der Differenzen der P<sub>4</sub>- und E<sub>2</sub>-Konzentrationen sowie den Verhaltensmerkmalen verfahren. In Vorbereitung der anschließenden Auswertung wurden zusätzlich Zyklustage in Taggruppen (Tagg) wie folgt zusammengefasst und definiert:

- Östrus (d 0), der Tag, an dem ein Tier zuerst als brünstig definiert wurde (s. 4.5.3)
- Vor- („proOe“) und Nachbrunst („postOe“) zwei d vor bzw. zwei d nach d 0
- Interöstrus, Zeitraum drei bis zehn d nach (Interöstrus-„nach“) und neun bis drei d vor (Interöstrus-„vor“) dem Östrus

Die Termini Interöstrus-„vor“ und -„nach“, wenn als solche zusammengefasst und nichts Gegenteiliges erwähnt wird, gehen in die Auswertung als ein Zeitraum „InterOe“ in die Auswertung ein.

### *Berechnung der Häufigkeit der täglichen Vokalisation und Gesamtvokalisation*

Aus den kontinuierlich ausgeschnittenen einzelnen Lautereignissen ist für jedes Tier separat die Anzahl der Laute (Lauthäufigkeit) pro Stunde sowie durch Aufsummierung einer 24-h Periode pro Tag ermittelt worden. Diese Werte der täglichen Vokalisation der Einzeltiere ( $V_{\text{täg}}$ ) sind für die Brunstperioden (d -9 bis d +10) und abschließend die tägliche Gesamtvokalisation ( $V_{\text{ges}}$ ) über alle Tiere und wiederholten Messungen ( $\text{Tier}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ) berechnet worden.

### *Relative Vokalisation*

Um das Verhältnis der Brunstvokalisation zur Gesamtvokalisation darzustellen, wurde für die relative Vokalisation ( $V_{\text{rel}}$ ) der Quotient aus der Vokalisation am d 0 ( $V_{\text{d0}}$ ) und der Gesamtvokalisation aller Brunstperioden ermittelt und für jedes Tier getrennt erfasst.

### *Berechnung der harmonischen „Muheinheiten“ (MuhE) und disharmonischen „Brülleinheiten“ (Brülle)*

Aus der Lautanalyse der „bereinigten“ Laute wurden harmonische und disharmonische Einheiten der Lautkomponenten (Muh- und Brülleinheiten) in einer bestimmten Zeiteinheit (h) ermittelt sowie insgesamt in Muh- und Brülllaut klassifiziert (4.5.2.3). Zur weiteren Berechnung sind die beiden Einheiten des Lautes (MuhE, Brülle) verwendet worden. Anschließend erfolgte auch hier analog der Vorgehensweise bei der Vokalisation ( $V_{\text{täg}}$ ,  $V_{\text{ges}}$ ) die Kalkulation durch Aufsummierung der stündlichen Werte pro Tag eines Tieres sowie über alle Tiere und Wiederholungen ( $\text{Brülle} \cdot \text{Tier}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $\text{MuhE} \cdot \text{Tier}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ).

### *Berechnung des harmonischen & disharmonischen Anteils an der Gesamtvokalisation*

Die Beziehung der harmonischen und disharmonischen Einheiten zum Gesamtlaut wurde mit folgender Formel berücksichtigt:

$$\Sigma (\text{MuhE} + \text{Brülle}) = \text{Gesamteinheiten} = \text{Gesamtlaut}$$

Über diese Beziehung lässt sich leicht der relative Anteil „Muh“ und „Brüll“ am Gesamtlaut ermitteln:

$$\text{Brüll}_{\text{rel}} (\%) = \text{Brülle} \times 100 / \text{Gesamtlaut}$$

Der relative Anteil am Gesamtlaut wurde für jedes Tier pro Tag ( $\text{Brüll}_{\text{rel}} \cdot \text{d}^{-1}$  bzw.  $\text{Muh}_{\text{rel}} \cdot \text{d}^{-1}$ ) berechnet. Anschließend erfolgte die statistische Analyse in einem zweistufigen Verfahren (s. 4.6.3).



### Kalkulation der Effizienz der angewandten Vokalisationsmessung

In dieser Arbeit wurde retrospektiv eine Kalkulation für die Brunstvorhersage durch Lautberechnungen durchgeführt (nach FIRK et al., 2002). Anhand einer bestimmten relativen Abweichung zum Grenzwert (GW) wurden die Zyklustage wie folgt auf eine Lautüberschreitung hin untersucht:

Ein aktueller Tageswert ( $V_{\text{täg}}$ ) wurde mit einem 50 %-igen Grenzwert an der Gesamtvokalisation einer Brunstperiode eines Tieres abgeglichen. Der betreffende Tag wurde als wahr positiv (wahrpos) klassifiziert, wenn der Grenzwert erreicht und ein Östrus festgestellt wird sowie als falsch negativ (falschneg), wenn der Brunsttag nicht erkannt wurde, jedoch ein Östrus vorlag. Jeder Tag, an dem keine Überschreitung eintrat, wurde wahr negativ (wahrneg) klassifiziert, sofern keine Brunstanzeichen vorlagen. Wurde an einem Nichtbrunsttag außerhalb des Östrus der Grenzwert überschritten, wurde die Überschreitung falsch positiv (falschpos) klassifiziert. Anschließend ist die gesamte Brunstperiode in „Brunst und Nicht-Brunst wahr positiv oder negativ“ klassifiziert worden. Zum Schluss wurden die Brunstperioden über alle Tiere anhand der Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate mit der visuellen Brunstfeststellung verglichen.

Um die Akkuratessse und Effektivität der Vokalisationsberechnung zu evaluieren, sind die folgenden in Kapitel 2.2.2.1 beschriebenen Parameter der Sensitivität, der Genauigkeit und der Fehlerrate berechnet worden:

$$\text{Sensitivität} = \frac{\text{wahrpos}}{\text{wahrpos} + \text{falschneg}} \times 100$$

Die Sensitivität (in %) repräsentiert die Anzahl korrekt erkannter Brunsten (wahr positiv) an der Gesamtzahl aller Brunsten. Mit anderen Worten repräsentiert die Sensitivität jede über die Vokalisationsanzahl korrekt erkannte Brunst.

$$\text{Genauigkeit} = \frac{\text{wahrneg}}{\text{wahrneg} + \text{falschpos}} \times 100$$

Die Genauigkeit (in %) deckt den Anteil an korrekt gefundenen Nichtbrunsttagen an den Gesamt-Nichtbrunsttagen auf. Sie zeigt übersehene und außerhalb einer Brunst liegende Alarmtage als falsch positiv an.

$$\text{Fehlerrate} = \frac{\text{falschpos}}{\text{falschpos} + \text{wahrpos}} \times 100$$

Die Fehlerrate (in %) repräsentiert den Anteil falsch erkannter Brunsten außerhalb einer Brunst (falsch positiv).

### *Berechnung der Hormonkonzentrationen*

Die Werterhöhung bzw. Werterniedrigung der E<sub>2</sub>- und P<sub>4</sub>-Konzentration aus den analysierten Blutplasmaproben (s. 4.5.1) wurden als Differenz aus dem jeweiligen Einzeltageswert zum jeweiligen niedrigsten Wert der Konzentration in einer Brunstperiode des Tieres definiert. Mit den erhaltenen Differenzwerten wurden die Hormonkonzentrationsverläufe separat für jedes Tier berechnet und gemittelt über alle Tiere und Brunsten dargestellt.

#### **4.6.2 Berechnung der Verhaltensparameter in Gruppenhaltung**

Bei der Auswertung der Verhaltensparameter in Gruppenhaltung sind die Datensätze von 11 Probandinnen (11. Zusatztier mit 2 Wiederholungen der Datenerfassung während der Brunst) einbezogen worden. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da immer drei Probandinnen in einer Gruppe interagierten und dies bei der Auswertung der Parameter für wichtig angesehen wurde.

Von ursprünglich 30 beobachteten Brunsten sind in einem Fall das Verhalten der Tiere am Östrus und in zwei anderen die Lautaufnahme aufgrund eines technischen Problems nicht aufgezeichnet, und somit von Verhaltens- resp. vergleichenden Vokalisations- und Brunstverhaltensauswertungen ausgeschlossen worden. Somit stehen insgesamt:

- 29 Brunsten für die Untersuchung zur Charakterisierung der Brunstverhaltensweisen und
- 27 Brunsten im Vergleich mit der Vokalisation zur Verfügung.

Aufgrund nichtvorhandener Daten an einzelnen Versuchstagen wurden Werte der vor- und nachfolgenden Tage einer Brunst wie oben beschrieben, gruppenweise zu Taggruppen (Interöstrus-„vor“, „proOe“, „postOe“, Interöstrus-„nach“) zusammengefasst. Einzig für den Tag der Brunst stand eine ausreichende Datenmenge zur Verfügung. Zur Beschreibung des Verhaltens der Tiere wurden neben der deskriptiven Statistik über das Auftreten individueller Verhaltensmerkmale folgende zusätzlich aufgeführten Untersuchungsparameter unter Berücksichtigung der Anzahl gleichzeitig in Brunst befindlicher Tiere analysiert (Tab. 4.5). Für die in Tabelle 4.5 genannten Parameter „Tiere in Brunst“ (TiBr), „Östrusdauer“, „Summe der Punkte“, „max. Punktzahl innerhalb einer Beobachtungsperiode“ und „mittlere Punktzahl während einer Brunst“ wurden zwei Fälle ausgeschlossen, da hier die Brunsten noch nacheinander gewertet wurden und Aufzeichnungen des Brunstbeginns der Begleittiere fehlten. Über Nacht bis zum folgenden

Tag dauernde Östren in zehn weiteren Fällen wurden gleich behandelt und gingen als reguläre Brunst in die Auswertung ein.

Tab. 4.5: Definition der untersuchten Merkmale zum Brunstverhalten

Parameter	Beschreibung
Zykluslänge (d)	Anzahl der Tage des Inter-Östrusintervalls
Tiere in Brunst	Anzahl der gleichzeitig brünstigen Tiere während einer Beobachtungsperiode im Östrus
Verhaltensweisen	Häufigkeit der gezeigten Merkmale einer Brunstperiode
Östrusdauer (h)	Länge der Brunst in h
Gesamtpunkte	Summe der Punkte während des gesamten Östrus
max. Punktzahl	Maximale Anzahl Punkte während einer Beobachtungsperiode im Östrus
mittlere Punktzahl	Mittlere Punktzahl während einer Beobachtungsperiode im Östrus
Vokalisation	Anzahl diskreter Einzelvokalisationen

#### 4.6.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der Daten wurde das Statistikpaket SAS (Version 9.1, USA, 2004) verwendet.

Die Analyse der absoluten Vokalisation und harmonischen und disharmonischen Einheiten erfolgte approximativ mit Hilfe der Prozedur MIXED, unter Verwendung eines Varianzanalysemodells (ANOVA), das die wiederholte Messung am Tier berücksichtigte und die fixen Einflussfaktoren Zyklustag (Stufen -9,...+10), Brunst (1,..4) und Haltungssystem (Gruppen-, Anbindehaltung) und entsprechende Interaktionen enthielt. Zusätzlich wurden paarweise multiple Vergleiche zwischen den Least Squares Means (LSM) der Einflussfaktorenstufen durchgeführt. Die Prüfung von Mittelwertdifferenzen (LSM) in Brunst und Haltung auf Signifikanz erfolgte mittels Tukey-Kramer-Test und bei den Zyklustagen mittels Dunnett-Test (Vergleich aller anderen mit d 0).

Daten mit erhöhtem Nullanteil, z.B. bei Vokalisations- und Verhaltensparametern, wurden mit einem zweistufigen Verfahren analysiert. In der ersten Stufe, dem so genannten Nullmodell wurden die Null- bzw. Nichtnullanteile (binäre Variable: Auftreten oder Nichtauftreten eines Ereignisses) eines Vokalisations- oder Verhaltensparameters mittels eines logistischen Modells mit den fixen Einflussfaktoren Zyklustag, Brunst und Haltungssystem und entsprechenden Wechselwirkungen unter Berücksichtigung wiederholter Messungen am Tier analysiert. Diese Analyse erfolgte mit der Prozedur GENMOD unter Verwendung der Binomialverteilung. In der zweiten Stufe

(Nichtnullmodell) wurden die Nichtnullanteile des entsprechenden Merkmals (z.B. Anzahl Laute  $> 0$ ) mit dem oben beschriebenen ANOVA-Modell unter Berücksichtigung wiederholter Messungen am Tier mit der Prozedur MIXED bzw. der Prozedur GENMOD analysiert. Zusätzlich erfolgten in beiden Stufen paarweise multiple Vergleiche der Mittelwertdifferenzen (LSM) wie oben beschrieben.

Die  $P_4$ - und  $E_2$ -Konzentrationen und die Parameter des Verhaltens wurden ebenfalls mit der Prozedur MIXED und dem beschriebenen ANOVA-Modell analysiert.

Es sind Korrelationen mit der Anzahl Laute,  $P_4$  bzw.  $E_2$  und den Variablen der Lautanzahl und Lautkomponenten ( $Muh_{rel}$ ,  $Brüll_{rel}$ ) in beiden Haltungen sowie mit den Variablen des Brunstverhaltens in Gruppenhaltung zu verschiedenen Zyklusphasen ermittelt worden. Beziehungen zwischen Parametern (Lautanzahl,  $P_4$ - und  $E_2$ -Konzentrationen, harmonische und disharmonische Einheiten) wurden über Rangkorrelationen jeweils für den Zyklusstatus vor einer Brunst ( $d \geq 0$ ) und nach einer Brunst ( $d \leq 0$ ) sowie separat für jede Haltung mit dem Spearman-Korrelationskoeffizienten mit der Prozedur CORR von SAS (Version 9.1, USA, 2004) bestimmt und gegen Null getestet. Zwischen den erhobenen Parametern des Verhaltens in Gruppenhaltung und der  $P_4$ - und  $E_2$ -Konzentration sowie der Anzahl der Laute wurden ebenso Rangkorrelationen (vor einer Brunst  $d \geq 0$  bzw. nach einer Brunst  $d \leq 0$ ) mit dem Spearman-Korrelationskoeffizienten bestimmt und gegen Null getestet.

Das Signifikanzniveau  $\alpha$  wurde auf 5 % ( $\alpha = 0,05$ ) festgelegt. Beziehungen zwischen Parametern wurden für die Signifikanzniveaus  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  und  $p < 0,05$  ausgewiesen. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \geq 0,05$  aber  $p \leq 0,1$  wurde von einer Tendenz gesprochen.

Für die grafischen Darstellungen (SIGMA PLOT, 2001) sowie die Ergebnistabellen sind zumeist arithmetische Mittelwerte und der jeweilige Standardfehler ( $\pm s$ ), soweit nicht anders angegeben, verwendet worden.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Quantifizierung des Vokalisationsverhaltens

#### 5.1.1 Vokalisation in Anbindehaltung

##### 5.1.1.1 Gesamtvokalisation mit Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Verlauf

Die über alle Tiere und Wiederholungen gemittelte Gesamtvokalisation ( $V_{ges}$ ) und der Verlauf der  $P_4$ - und  $E_2$ -Plasmakonzentrationen im Untersuchungszeitraum sind in der Abbildung 5.1 dargestellt. Insgesamt sind 3898 Laute in Anbindehaltung zur weiteren Ergebnisauswertung ermittelt worden.

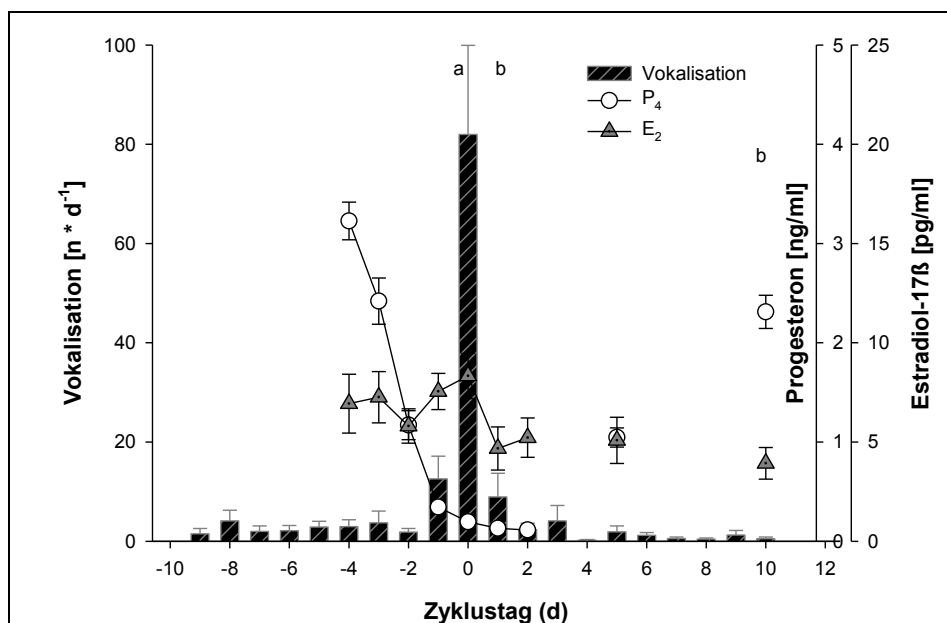


Abb. 5.1: Verlauf der Vokalisation ( $V_{ges}$ ), Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration der Jungtiere im Untersuchungszeitraum in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n_{Brunst} = 30$ )

<sup>a</sup> Vokalisation und  $P_4$  (außer d -1,+1,+2) signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu allen d ( $p < 0,001$ )

<sup>b</sup>  $E_2$  signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu d +1 und d+10 ( $p < 0,05$ )

Im gesamten Untersuchungszeitraum ist ein Einfluss des Zyklustages auf die Gesamtvokalisation festzustellen, in dem sich der d 0 von allen anderen Tagen unterscheidet ( $p < 0,001$ ). Die Änderung der Gesamtvokalisation in Anbindehaltung ist durch einen im Interöstrus gleichmäßigen und von der Vorbrunst zur Brunst steilen Anstieg im Zyklusverlauf geprägt. Während des „Interöstrus-vor“ und -„nach“ wird mit mittleren  $2,8 \pm 0,4$  Vokalisationen wenig vokalisiert. Im gesamten Interöstrus liegt der Lautanteil bei

17,3 % an der Gesamtvokalisation mit einer recht homogen Lautanzahl der einzelnen Tage (0,2 bis 4,1 Laute). Wenige Vokalisationen treten an den Tagen des „proOe“ ( $7,4 \pm 2,5$  Laute) und „postOe“ ( $5,7 \pm 2,5$  Laute) im Vergleich zum Östrus auf. Der Anstieg der Lauthäufigkeit setzt erst nach der Vorbrunst ein, mit einem Maximalwert zum Östrus und einem Absinken zur Nachbrunst. Dem steilen Anstieg der Vokalisation um 84,7 % von d -1 zum Östrus, mit einem Maximum von  $82,0 \pm 25,0$  Lauten folgt ein starker Rückgang zum d +1 ( $8,9 \pm 4,8$  Laute). Der höchste Anteil an der Gesamtvokalisation wird mit etwa 64 % zum Zeitpunkt des Östrus im Vergleich zu allen anderen Zyklustagen (d -9 bis d +10) ermittelt.

Die Tabelle 5.1 gibt die Konzentrationen des P<sub>4</sub> und E<sub>2</sub> im Untersuchungszeitraum wider. Generell ist die Konzentration des P<sub>4</sub> vom Zyklustag beeinflusst ( $p < 0,001$ ).

Tab. 5.1: P<sub>4</sub>- und E<sub>2</sub>-Konzentrationen im Untersuchungszeitraum Interöstrus-„vor“, „proOe“, Östrus, „postOe“ und Interöstrus-„nach“ bei zweimaliger Wiederholung der Brunst ( $n_{\text{Brunst}} = 30$ ) in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ )

Taggruppe	P <sub>4</sub> (ng/ml)	E <sub>2</sub> (pg/ml)
vor	$2,99 \pm 0,1^b$	$7,4 \pm 0,5$
proOe	$0,7 \pm 0,1^c$	$6,7 \pm 0,6$
Östrus	$0,2 \pm 0,0^{a,d}$	$8,3 \pm 1,1^c$
postOe	$0,12 \pm 0,0$	$4,9 \pm 0,7^d$
nach	$1,5 \pm 0,1^b$	$4,7 \pm 0,6^d$

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,001$ )

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,05$ )

Entgegen dem Vokalisationstrend verläuft die P<sub>4</sub>-Blutplasmakonzentration (Tab. 5.1). Ein hoher Konzentrationsspiegel im Untersuchungszeitraum besteht im Interöstrus-„vor“ mit mittleren  $2,99 \pm 0,1$  ng/ml (max.  $3,2 \pm 0,2$  ng/ml am d -4). Mit beginnender endogener Luteolyse sinkt P<sub>4</sub> zu Beginn der Vorbrunst auf  $1,2 \pm 0,2$  ng/ml rasch weiter unter 1 ng/ml (d -1:  $0,3$  ng/ml) ab. Einhergehend mit einer Konzentration von  $0,2$  ng/ml am Brunsttag wird am zweiten Nachbrunsttag der Minimalwert von  $0,1$  ng/ml erreicht. Danach steigt mit dem neuen Zyklus die P<sub>4</sub>-Konzentration kontinuierlich auf im Mittel  $1,5 \pm 0,1$  ng/ml an. Am d 0 wird eine niedrigere P<sub>4</sub>-Konzentration im Vergleich zum Interöstrus der d -2, +5 und +10 gemessen ( $p < 0,001$ ).

Im Unterschied zur P<sub>4</sub>-Sekretion wird die E<sub>2</sub>-Konzentration im Verlauf des Zyklus weniger vom Zyklustag als von der Taggruppe beeinflusst ( $p < 0,05$ ). Insbesondere die Konzentration am Östrus ist höher als die des „postOe“ sowie des anschließenden

Interöstrus-„nach“ ( $p < 0,05$ ). In der Follikularphase wird nach einem leichten Abfall der Konzentrationswerte vom Interöstrus-„vor“ zum „proOe“ am Brunsttag mit 8,3 pg/ml die maximale E<sub>2</sub>-Konzentration erreicht. Diese zeigt große interindividuelle Abweichungen (0,0 bis 19,5 pg/ml). Nach dem Östrus sinkt die E<sub>2</sub>-Konzentration zum Beginn der Lutealphase des „postOe“ auf mittlere  $4,9 \pm 0,7$  pg/ml und bleibt im anschließenden Interöstrus-„nach“ mit durchschnittlich  $4,7 \pm 0,6$  pg/ml auf diesem Niveau. Aufgrund des Probennahmeintervalls einmal täglich konnte die zeitlich enge biologische Schwankungsbreite der Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration nicht kontinuierlich erfasst werden. Daher treten eventuell verstärkt tierindividuelle Variationen auf, die sich in einem höheren Standardfehler verdeutlichen. Diese Ergebnisse sollten wegen des oben erwähnten Intervalls mit Vorsicht interpretiert und auf weiterführende Untersuchungen diesbezüglich verwiesen werden.

### 5.1.1.2 Tageszeitliche Verteilung der Vokalisation am Östrus

Für die folgende Betrachtung der Verteilung der Vokalisation am Brunsttag wird vorausgesetzt, dass mindestens ein Lautereignis im Östrus aufgetreten ist. Alle Probandinnen vokalisiert in 28 von 30 Brunstperioden und ebenso 9 der 10 Probandinnen an 25 Brunsttagen. Die Gesamtvokalisation an allen Brunsttagen beträgt 2459 Laute. Aus der Abbildung 5.2 wird die zeitliche Verteilung der Lautereignisse am Brunsttag deutlich.

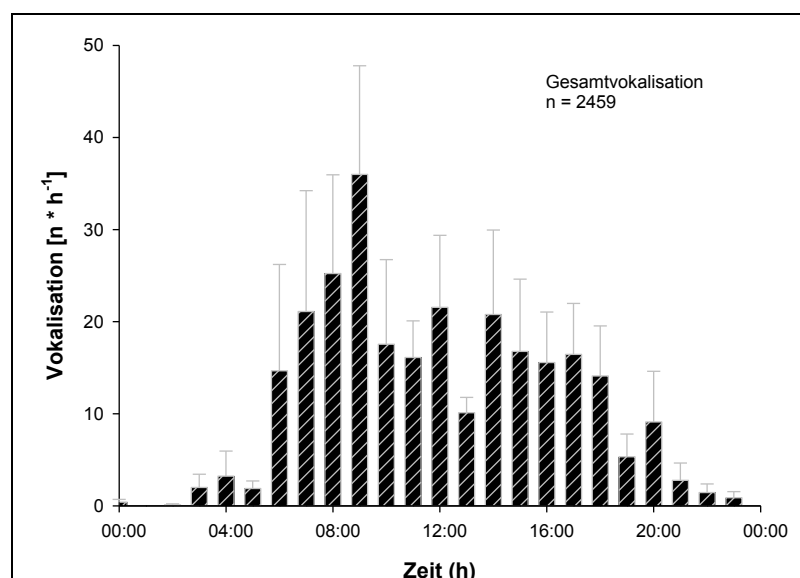


Abb. 5.2: Tagesverlauf der Vokalisation am Brunsttag (d 0) aller Tiere mit mindestens einem Lautereignis in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n_{\text{Brunst}} = 25$ )

Der überwiegende Anteil (91 %) der Lautereignisse am Brunsttag verteilt sich gleichmäßig über den Tag (06:00 bis 21:00 Uhr). Nachts (21:00 bis 06:00 Uhr) wird kaum vokalisiert

(Abb. 5. 2). Gut die Hälfte aller Vokalisationen (50,3 %) wird bis zum späten Vormittag (06:00 bis 12:00 Uhr) von den Probandinnen geäußert. Etwa 31 % an der Gesamtvokalisation wird in der Zeit von 13:00 bis 18:00 Uhr erreicht. Die restlichen Lautereignisse (10 %) werden in der Mittags- (12:00 bis 13:00) und Abendzeit (bis 21 Uhr) registriert. Die Zeiträume zwischen 07:00 und 09:00 Uhr zählen mit 227 bzw. 324 Lauten·h<sup>-1</sup> zur vokalisationsreichsten Tageszeit.

Insgesamt treten interindividuelle Vokalisationsvariabilitäten am Brunsttag verstärkt hervor: mit einer Spanne zwischen 1 und 124 Lauten eines Tieres in einer Stunde.

### 5.1.1.3 Ausmaß des individuellen Vokalisationsverhaltens

Anhand der Daten zur individuellen Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum in Tabelle 5.2 wird zunächst eine enorme Spannweite der inter- und intraindividuellen Vokalisation deutlich.

Tab. 5.2: Individuelle Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum ( $V_{ges}$ ,  $V_{d0}$ ,  $V_{rel}$ ) bei zweimaliger Wiederholung in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ )

	Einzeltier									
	1	2*	3	4*	5	6	7	8	9	10
$V_{ges}$	Versuchszeitraum ( $\bar{x}$ )									
	6,71 $\pm 3,7$	0,16 $\pm 0,2$	7,80 $\pm 3,7$	7,51 $\pm 4,3$	14,12 $\pm 5,0$	3,12 $\pm 1,6$	9,39 $\pm 2,2$	22,00 $\pm 15,5$	0,28 $\pm 0,1$	4,96 $\pm 4,3$
Vok	proOe, postOe, Interöstrus ( $\bar{x}$ )									
	0,58 $\pm 0,3$	0,17 $\pm 0,2$	4,00 $\pm 2,7$	5,39 $\pm 4,3$	7,41 $\pm 1,7$	1,33 $\pm 0,6$	8,68 $\pm 1,6$	2,75 $\pm 1,6$	0,24 $\pm 0,1$	0,36 $\pm 0,1$
$V_{d0}$	d 0 ( $\bar{x}$ )									
	98,7 $\pm 24,7$	0	37,3 $\pm 11,7$	42,5 $\pm 15,5$	101,3 $\pm 47,6$	27,0 $\pm 19,6$	61,3 $\pm 46,8$	304,3 $\pm 206,9$	1,0 $\pm 1,0$	77,0 $\pm 68,0$
$V_{rel}$	Vokalisation am Brunsttag (d 0) [% von Gesamtvokalisation]									
	91,9	0	35,9	32,3	51,3	60,4	38,4	88,3	20,0	93,2

\* einmalige Wiederholung der Brunst, Vok - Vokalisation,  $V_{d0}$  - Brunstvokalisation,  $V_{rel}$  - relative Vokalisation

Dies betrifft sowohl die absolute Anzahl Laute im Gesamtzeitraum, Interöstrus und brunstnahen Zeitraum als auch die Brunsten der einzelnen Probandinnen untereinander. Dabei erreicht die individuelle Lautanzahl im gesamten Untersuchungszeitraum ( $V_{ges}$ ) 0,16  $\pm$  0,2 Laute (Tier 2) bis zu 22,00  $\pm$  15,5 Laute (Tier 8). Am Brunsttag setzt sich diese Spanne mit 0 bis 304,3  $\pm$  206,9 Lauten mit größeren intraindividuellen Variationen fort. Im Interöstrus ist bei 80 Prozent der Probandinnen kaum nennenswerte Vokalisation registriert worden (0,0 bis 2,1  $\pm$  2,1 Laute). Im interindividuellen Vergleich des Vokalisationsverhaltens ( $V_{ges}$ ,  $V_{d0}$ ) lassen sich drei Gruppen klassifizieren: stark (Tier 5, 7,



8), kaum (Tier 2, 6, 9) und mittelstark vokalisierende Tiere mit niedriger (Tier 3, 4) oder starker (Tier 1, 10) Brunstvokalisation. Anhand des relativen Anteils ( $V_{rel}$ ) wird deutlich, dass bei der Hälfte der Tiere ein über 50 %-iger Anteil der Brunst- an der Gesamtvokalisation besteht. Zwei Tiere (Tier 1, 10) vokalisieren fast ausschließlich zur Brunst und kaum im periöstrischen Zeitraum und/oder Interöstrus (Tab. 5.1). Es konnte beobachtet werden, dass häufige Lautäußerungen hauptsächlich auf einzelnen Probanden beruhen, die viel und oft und auch zu jeder Brunst mit unterschiedlicher Häufigkeit vokalisieren.

## 5.1.2 Vokalisation in Gruppenhaltung

### 5.1.2.1 Gesamtvokalisation, Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Verlauf

Die über alle Tiere und Wiederholungen gemittelte Vokalisation ( $V_{ges}$ ) ist mit dem Hormonkonzentrationsverlauf des  $P_4$  und  $E_2$  in Gruppenhaltung im Untersuchungszeitraum in der Abbildung 5.3 dargestellt. Bei den Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass an einzelnen Untersuchungstagen keine Vokalisation auftrat. Für die weitere Ergebnissauswertung konnten 1703 Laute im gesamten Untersuchungszeitraum als Gesamtvokalisation ermittelt werden.

Der Vokalisationsverlauf ist zunächst durch einen vom Interöstrus zum „proOe“ allmählichen und dann sprunghaften Anstieg zum Östrus und ein schnelles Absinken zum „postOe“ gekennzeichnet (Abb. 5.3). Im gesamten Zeitraum wird die Vokalisation wie in Anbindung hauptsächlich vom Zyklustag ( $p < 0,001$ ) beeinflusst ( $p = 0,06$  für  $E_2$ -Konzentration). Am häufigsten wird am Brunsttag im Vergleich zu allen anderen Zyklustagen vokalisiert ( $p < 0,001$ ). Der prozentuale Anteil der Laute am Östrus an der Gesamtvokalisation ist erwartungsgemäß mit ca. 54 % hoch. Am d 0 wird mit einem Maximum von durchschnittlich  $35,4 \pm 14,1$  Lauten aber deutlich weniger als in Anbindehaltung vokalisiert. Der „proOe“ ( $2,3 \pm 1,0$  Laute) und „postOe“ ( $2,2 \pm 1,0$  Laute) weisen zusammen mit 13 % an der Gesamtvokalisation weniger Lautäußerungen im Gegensatz zum Östrus auf. Nach dem steilen Anstieg in der Gesamtvokalisation vom d -1 zum Östrus um rund 93 % folgt ein Rückgang der Lautereignisse am darauf folgenden d +1.

Höher als in Anbindehaltung ist mit 33 % der Anteil des „InterOe“ an der Gesamtvokalisation, aber die Vokalisation ist insgesamt mit 1703 vs. 3898 Lauten in Gruppenhaltung geringer. Die Lautäußerung im „InterOe“ ist mit durchschnittlich  $1,8 \pm 0,4$  Lauten auf dem gleichen niedrigen Niveau wie in Anbindehaltung.

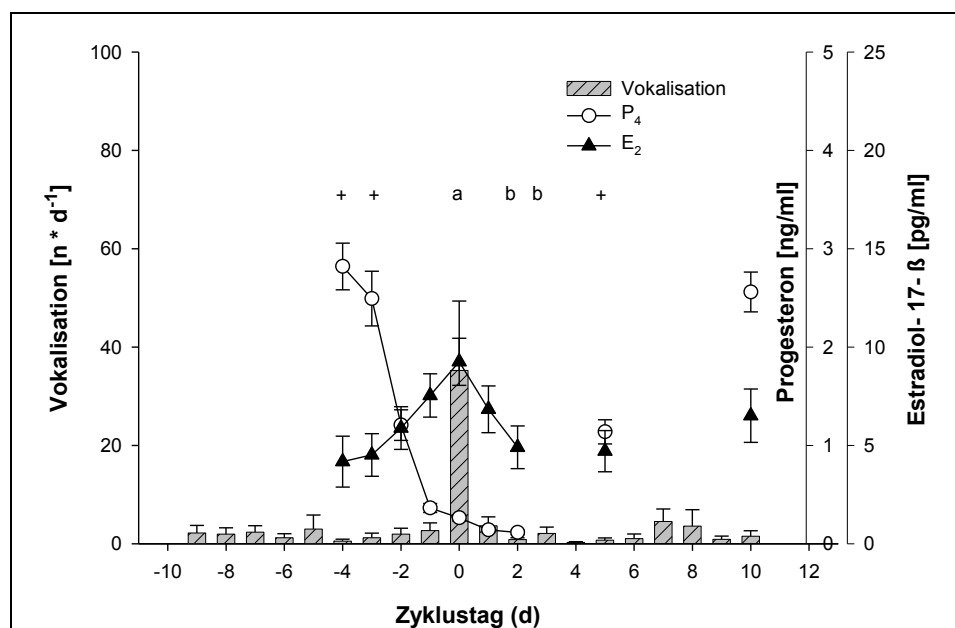


Abb. 5.3: Verlauf der Vokalisation ( $V_{ges}$ ) und Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration der Jungtiere im Untersuchungszeitraum in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n_{Brunst} = 26$ )

<sup>a</sup> Vokalisation und  $P_4$  (außer d -1 bis +3) signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu allen d ( $p < 0,001$ )

<sup>b</sup>  $E_2$  signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu d +2, +3 ( $p < 0,05$ )

+  $E_2$  Mittelwertdifferenz d 0 zu d -3, -4, +5 ( $p \geq 0,5$  aber  $\leq 0,1$ )

Der Verlauf der Konzentrationen des  $P_4$  und  $E_2$  im Untersuchungszeitraum wird in Tabelle 5.3 ersichtlich. Generell ist auch in Gruppenhaltung die Konzentration des  $P_4$  vom Zyklustag beeinflusst ( $p < 0,001$ ).

Tab. 5.3:  $P_4$ - und  $E_2$ -Konzentrationen im Untersuchungszeitraum Interöstrus-„vor“, „proOe“, Östrus, „postOe“ und Interöstrus-„nach“ in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ;  $n_{Brunsten} = 26$ )

Taggruppe	$P_4$ (ng/ml)	$E_2$ (pg/ml)
vor	$2,8 \pm 0,1^b$	$4,4 \pm 0,5^f$
proOe	$0,8 \pm 0,1^d$	$6,8 \pm 0,8$
Östrus	$0,26 \pm 0,0^{a,c}$	$9,3 \pm 1,2^{c,e}$
postOe	$0,13 \pm 0,0$	$5,9 \pm 0,8^d$
nach	$1,21 \pm 0,1^b$	$4,9 \pm 0,6^f$

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben einer Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,001$ )

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben einer Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,05$ )

<sup>e,f</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben einer Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,01$ )

Der zu Beginn der Regression des C. I. hohe  $P_4$ -Konzentrationsspiegel (d -4 max.  $2,8 \pm 0,2$  ng/ml) der Lutealphase fällt mit fortschreitender Follikelreifungsphase des „proOe“ schnell unter die 1 ng/ml-Grenze auf  $0,8 \pm 0,1$  ng/ml (d -1:  $0,4 \pm 0,1$  ng/ml). Am Östrus

wird die drittniedrigste Konzentration mit 0,26 ng/ml gemessen und am zweiten Nachbrunsttag das Minimum von 0,12 ng/ml erreicht. In der anschließenden vom C. I. dominierten Phase erfolgt im neuen Zyklus ein kontinuierlicher Anstieg der P<sub>4</sub>-Sekretion auf durchschnittlich 1,2 ± 0,1 ng/ml im Interöstrus-„nach“ (d +10: 2,5 ± 0,1 ng/ml). Am d 0 wird eine niedrigere P<sub>4</sub>-Konzentration im Vergleich zum „InterOe“ (p < 0,001) und „proOe“ gemessen (p < 0,05).

Im Unterschied zur P<sub>4</sub>-Sekretion wird die E<sub>2</sub>-Konzentration im Verlauf des Zyklus weniger vom Zyklustag (p = 0,06) als von der Taggruppe beeinflusst (p < 0,01). Hier unterscheidet sich insbesondere der Östrus signifikant vom „postOe“ (p < 0,05) und dem „Interöstrus-vor“ und -„nach“ (p < 0,01). In der Follikularphase des „proOe“ zum Östrus steigt die E<sub>2</sub>-Konzentration und fällt zum „postOe“ auf mittlere 5,9 ± 0,8 pg/ml ab. Am Brunsttag wird der Maximalwert von 9,3 ± 1,2 pg/ml erreicht, mit einer intraindividuell großen Spannweite (0,0 bis 21,37 pg/ml). In der fortschreitenden Lutealphase des Interöstrus-„nach“ erreicht die Plasmakonzentration durchschnittlich 4,9 ± 0,6 pg/ml. Im Gegensatz zum P<sub>4</sub> zeigt sich auch in der Gruppenhaltung bei der E<sub>2</sub>-Konzentration eine größere Variation (Standardfehler). Aufgrund des schon angesprochenen Probenahmerasters ist die tägliche Dynamik der E<sub>2</sub>-Konzentration nicht kontinuierlich erfasst worden und die Untersuchungen sollten für diesbezügliche Aussagen weitergeführt werden.

### 5.1.2.2 Tageszeitliche Verteilung der Vokalisation am Östrus

Für die folgende Betrachtung der Tagesverteilung der Brunstvokalisation, die in Abbildung 5.4 dargestellt ist, wird vorausgesetzt, dass mindestens ein Lautereignis im Östrus aufgetreten ist. Vokalisationsereignisse wurden bei allen Probandinnen in 21 der 26 Brunstperioden und bei 8 der 10 Probandinnen an 14 Brunsttagen registriert.

Die Gesamtvokalisation aller Tiere an den Brunsttagen beträgt in Gruppenhaltung 916 Laute. Ähnlich wie in der Anbindehaltung verteilen sich fast 98 % dieser Lautereignisse gleichmäßig über den Tag (06:00 bis 21:00 Uhr). Bis vor dem Mittag (06:00 bis 12:00 Uhr) wird ein Anteil von 45 % der Gesamtvokalisation erreicht. Mittags bis nachmittags (12:00 bis 18:00 Uhr) werden etwa 40 % der Lautereignisse sowie abends (bis 21:00 Uhr) die übrigen 13 % registriert. In der Gruppenhaltung sind die vokalisationsreichsten Zeiten nachmittags zwischen 15:00 und 16:00 Uhr mit 123 Lauten·h<sup>-1</sup> und früh zwischen 08:00 und 10:00 Uhr mit jeweils 104 bzw. 100 Lauten·h<sup>-1</sup>.

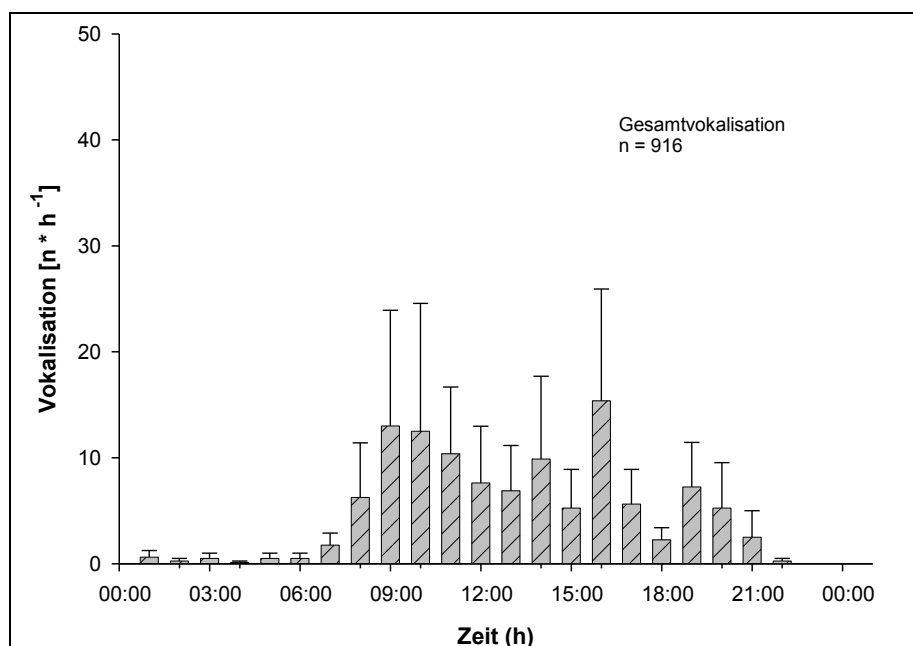


Abb. 5.4: Tagesverlauf der Gesamtvokalisation am Östrus aller Tiere mit mindestens einem Lautereignis in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n_{\text{Brunsten}} = 14$ )

Auch in Gruppenhaltung treten interindividuelle Vokalisationsvariabilitäten am Brunsttag verstärkt hervor: vier Probandinnen vokalisieren zwischen 1- und 3-mal·h<sup>-1</sup>, während bei zwei anderen Tieren zwischen 63 und 83 Vokalisationen·h<sup>-1</sup> registriert werden.

### 5.1.2.3 Ausmaß des individuellen Vokalisationsverhaltens

Bei Betrachtung der individuellen Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum in Gruppenhaltung in Tabelle 5.4 wird deutlich, dass inter- und intraindividuell erhebliche Spannbreiten in der Vokalisation bestehen. Dies betrifft den gesamten Untersuchungszeitraum ( $V_{\text{ges}}$ ), den Brunstzeitraum ( $V_{\text{d0}}$ ) und den Zeitraum ausserhalb der Brunst ( $V_{\text{ok}}$ ). Dabei variiert die  $V_{\text{ges}}$  zwischen mittleren  $0,03 \pm 0,03$  Lauten (Tier 1, 2) und  $15,3 \pm 8,0$  Lauten (Tier 3) und im Zeitraum ohne Brunsttag ( $V_{\text{ok}}$ ) zwischen 0 (Tier 6) und  $13,4 \pm 2,2$  Lauten (Tier 7). Im Interöstrus werden ähnlich wie in Anbindung bis auf eine Ausnahme (Tier 7) kaum Vokalisationen ( $0,0$  bis  $1,9 \pm 0,7$  Laute) von den Probandinnen geäußert. Die individuelle Brunstvokalisation am d 0 liegt zwischen 0 und  $207,3 \pm 33,2$  Lauten (Tier 3). Ähnlich wie in Anbindehaltung konnten auch hier im interindividuellen Vergleich drei Gruppen des Vokalisationsverhaltens ( $V_{\text{ges}}$ ,  $V_{\text{d0}}$ ) beobachtet werden: stark (3, 7 ausser  $V_{\text{d0}}$ ) bis mittelstark (5, 8) sowie kaum (1, 2, 4, 6, 9, 10) vokalisierende Probandinnen. Es sind etwa dieselben Tiere (3, 5, 7, 8), die vergleichsweise zu den anderen Tieren auch in Anbindehaltung viel und oft vokalisieren.

Tab. 5.4: Individuelle Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum ( $V_{ges}, V_{d0}, V_{rel}$ ) bei einmaliger Wiederholung in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ )

	Einzeltier									
	1	2	3*	4	5*	6*	7*	8*	9*	10
$V_{ges}$	Versuchszeitraum									
	0,03 $\pm 0,03$	0,03 $\pm 0,03$	15,3 $\pm 8,0$	0,16 $\pm 0,1$	1,91 $\pm 1,1$	0,04 $\pm 0,04$	12,90 $\pm 2,1$	4,78 $\pm 2,9$	0,10 $\pm 0,1$	0,66 $\pm 0,5$
Vok	proOe, postOe, Interöstrus									
	0,03 $\pm 0,0$	0,03 $\pm 0,0$	1,57 $\pm 1,0$	0,13 $\pm 0,1$	0,40 $\pm 0,1$	0,00 $\pm 0,0$	12,9 $\pm 2,1$	1,19 $\pm 0,3$	0,04 $\pm 0,0$	0,64 $\pm 0,6$
$V_{d0}$	d 0									
	0	0	207,3 $\pm 33,2$	0,5 $\pm 0,4$	27,0 $\pm 14,7$	0,7 $\pm 0,7$	6,0 $\pm 5,0$	62,33 $\pm 43,1$	1,0 $\pm 1,0$	1,0 $\pm 1,0$
$V_{rel}$	Vokalisation am Brunsttag (d 0) [% von Gesamtvokalisation]									
	0	0	90,4	20,0	80,2	100,0	2,9	76,6	60,0	8,0

\* 2-malige Wiederholung der Brunst, Vok - Vokalisation,  $V_{d0}$  - Brunstvokalisation,  $V_{rel}$  - relative Vokalisation

Beim Anteil der Brunst- an der Gesamtvokalisation ( $V_{rel}$ ) ist ersichtlich, dass diese bei mehr als der Hälfte der vokalisierenden Jungrinder die 50 %-Grenze an der individuellen Gesamtvokalisation übersteigt.

### 5.1.3 Betrachtungen zur Vokalisation beider Haltungssysteme der Anbinde- und Gruppenhaltung

#### 5.1.3.1 Vokalisationsverhalten

Die über alle Wiederholungen im Untersuchungszeitraum der Anbinde- und Gruppenhaltung ermittelten Vokalisationen je Tier sind der Tab. A 1 und A 2 im Anhang zu entnehmen. Das Gesamtvokalisationsverhalten über alle Tiere und Wiederholungen im periöstrischen Zeitraum zeigt folgende Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Haltungssysteme (Abb. 5.5):

- höchste Vokalisation am d 0 zu allen Zyklustagen bzw. Taggruppen ( $p < 0,001$ )
- geringe Vokalisation im „proOe“ und „postOe“ sowie Interöstrus
- unterschiedlich hohe Lautanzahl am Östrus zwischen den Haltungen ( $p < 0,001$ )
- P<sub>4</sub>- und E<sub>2</sub>-Konzentrationen keine Unterschiede im Untersuchungszeitraum ( $p = 0,6$  bzw.  $p = 0,8$ ).

Um die Haltungsformen bezüglich des Vokalisationsverhaltens miteinander zu vergleichen, sind über alle Tiere und zwei Wiederholungen der Datenerfassung während der Brunst verschiedene Parameter (Tab. 5. 5) ausgewählt worden.

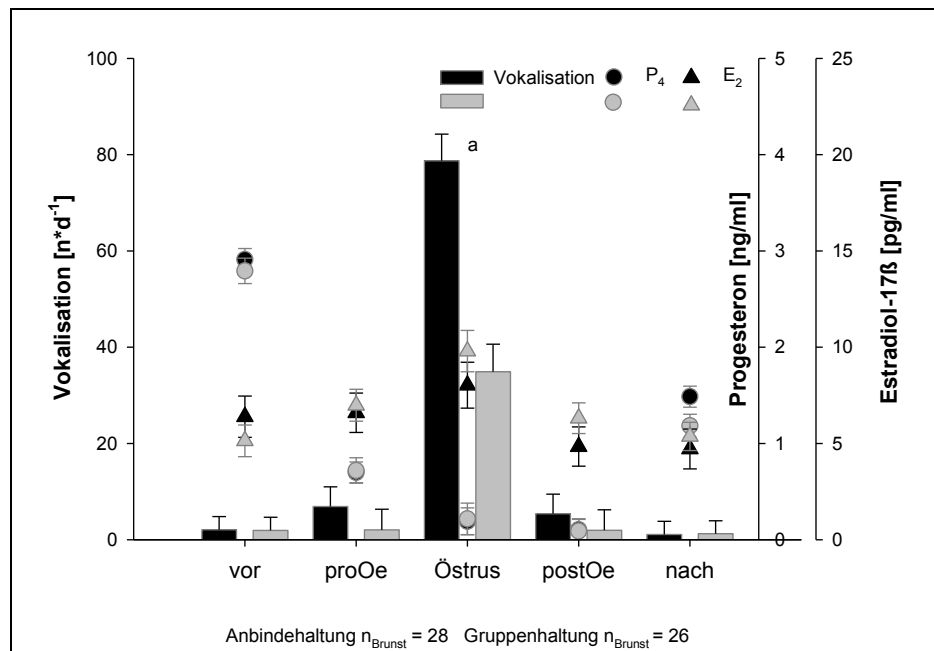


Abb. 5.5: Vergleich der Vokalisation ( $V_{ges}$ ), Verlauf der Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration (LSM  $\pm$  SE) im Untersuchungszeitraum in Anbinde- (schwarze Farbe) und Gruppenhaltung (graue Farbe).

<sup>a</sup> Vokalisation signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu d 0 ( $p < 0,001$ )

<sup>a</sup> P<sub>4</sub> signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu allen anderen d (außer d-1 bis +2) ( $p < 0,001$ )

<sup>a</sup> E<sub>2</sub> signifikante Mittelwertdifferenz d 0 zu allen d -2,+1,+2,+5,+10 außer d -1 ( $p < 0,05$ )

Insgesamt gibt es in der Vokalisationshäufigkeit zwischen Anbinde- und Gruppenhaltung keinen Unterschied ( $p = 0,31$ ). Dabei unterscheiden sich am Östrus die Laute mit  $79 \pm 6,9$  zu  $35 \pm 3,8$  signifikant zwischen der Anbindung und der Gruppenhaltung ( $p < 0,001$ ). Mit einem Anteil von 39 % in Anbinde- sowie 34 % in Gruppenhaltung treten mindestens einmal im gesamten Versuchszeitraum Vokalisationen auf. Am Brunsttag verteilen sich in beiden Haltungssystemen die Vokalisationsspitzen zeitlich ähnlich auf die frühen Tagesstunden (08:00 bis 10:00 Uhr). Nullvokalisationen, d.h. keine Vokalisation in einer kompletten Brunstperiode nehmen mit 7,1 % gegenüber 19,2 % einen geringeren Anteil in der Anbinde- als in der Gruppenhaltung ein. So treten auch Östren ohne Vokalisation in Anbindehaltung weniger (5/28) auf als in Gruppenhaltung (12/26). Es konnte eine große inter- und intraindividuelle Variation in der Anzahl der Laute beispielsweise am Östrus in Anbindehaltung mit 0 und 717 Lauten sowie in Gruppenhaltung mit 0 und 272 Lauten festgestellt werden. Beim interindividuellen Vergleich der Gesamtvokalisation untereinander ( $n_{Brunst} = 20$ ) liegen Minimum und Maximum in Anbindehaltung bei 5 und 940 sowie bei 1 und 382 Lauten in Gruppenhaltung.

Die im Untersuchungszeitraum ermittelten Werte der getesteten Steroidhormonkonzentrationen unterliegen ähnlichen Konzentrationsbereichen und sind hinsichtlich der Haltung zu keinem der untersuchten Zeitpunkte signifikant different.

Tab. 5.5: Parameter der Vokalisation und Hormonkonzentrationen in Anbinde- und Gruppenhaltung und im Gesamtmittel (LSM  $\pm$  SE, min - max. Bereich)

Parameter	Haltungsform	
	Anbindehaltung	Gruppenhaltung
Vokalisation/ Ö (%) <sup>1</sup>	82,1	53,8
Vokalisation/ Brunsten (%) <sup>2</sup>	92,9	80,8
Gesamtvokalisation (n)	7,7 $\pm$ 1,9 (0 - 809)	3,9 $\pm$ 1,0 (0 - 306)
Vokalisation d 0 (n)	78,5 $\pm$ 6,9 <sup>ac</sup> (0 - 717)	35,4 $\pm$ 3,8 <sup>bc</sup> (0 - 272)
Anstieg (%) von d -1 zu d 0	84,7	92,7
P <sub>4</sub> am d 0 (ng/ml)	0,2 $\pm$ 0,1 (0 - 0,51)	0,2 $\pm$ 0,2 (0,01 - 0,51)
E <sub>2</sub> am d 0 (pg/ml)	8,0 $\pm$ 1,2 (0 - 18,9)	9,8 $\pm$ 1,1 (0 - 21,3)
proOe Vokalisation	6,7 $\pm$ 5,0 <sup>d</sup> (0 - 111)	2,5 $\pm$ 2,1 <sup>d</sup> (0 - 37)
postOe Vokalisation	5,1 $\pm$ 5,0 <sup>d</sup> (0 - 140)	2,5 $\pm$ 3,0 <sup>d</sup> (0 - 35)
InterOe Vokalisation	1,2 $\pm$ 3,3 <sup>d</sup> (0 - 77)	1,8 $\pm$ 0,39 <sup>d</sup> (0 - 64)
P <sub>4</sub> InterOe (ng/ml) <sup>3</sup>	2,2 $\pm$ 0,1 (0,12 - 2,41)	2,0 $\pm$ 0,1 (0,22 - 2,4)
E <sub>2</sub> InterOe (pg/ml) <sup>4</sup>	5,5 $\pm$ 1,0 (0 - 20,2)	5,2 $\pm$ 0,7 (0 - 15,0)

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in Reihe sind signifikant verschieden ( $p < 0,001$ )

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in Spalte sind signifikant verschieden ( $p < 0,001$ )

<sup>1</sup> Anteil Östrustage (Ö) an denen vokalisiert worden ist

<sup>2</sup> Anteil Brunsten(periode) in denen mindestens einmal vokalisiert worden ist

<sup>3</sup> P<sub>4</sub>-Konzentration als Differenzwert am d +5

<sup>4</sup> E<sub>2</sub>-Konzentration als Differenzwert am d +5

### 5.1.3.2 Bestimmung der Lautstrukturen am Gesamtlaut

Die über alle Tiere und Wiederholungen im Untersuchungszeitraum der Anbinde- und Gruppenhaltung ermittelten Lautabschnitte (harmonisch, disharmonisch) sind der Tab. A 3 und A 4 im Anhang zu entnehmen. Anhand der Werte wird zunächst eine breite Spanne der Muh- und Brüll-Einheiten deutlich. In Anbindehaltung treten im Interöstrus-„nach“ mehr Brüll- als Muheinheiten auf. Dieses Verhältnis beider Lautmerkmale kehrt sich mit dem „postOe“ um, wohingegen am Östrus wiederum die Brülleinheiten höher ausfallen. Vom „proOe“ zum Östrus steigen erwartungsgemäß die Brüll- und Muheinheiten stark an. Am Östrus wird mit 415 Brüll- sowie 385 Muheinheiten das Maximum in Anbindehaltung erreicht. Anschließend fallen zum „postOe“ die Werte der Muh- und Brülleinheiten schnell

und stagnieren im Interöstrus-„nach“ mit  $0,4 \pm 19,6$  Brüll- bzw.  $4,3 \pm 15$  Muheinheiten auf niedrigem Niveau. In dieser Phase sind in Anbindehaltung überwiegend höhere Muh- als Brülleinheiten zu finden. In Gruppenhaltung überwiegen dagegen die Muh- über den gesamten Versuchszeitraum hinweg auch am Östrus die Brülleinheiten (Tab A 3). Auch hier wird das Maximum am Östrus mit  $177 \pm 21,8$  Brüll- sowie  $241 \pm 31,8$  Muheinheiten erreicht.

In beiden Haltungen sind Werte am Östrus (BrüllE, MuhE) zu den anderen Tagen des Zyklus signifikant verschieden ( $p < 0,001$ ). Ebenso unterscheiden sich die Brülleinheiten des Östrus zwischen den Haltungen ( $p < 0,001$ ). Eine große interindividuelle Variation (Standardfehler) besteht auch bei den Werten der Einheiten, aufgrund dessen die Ergebnisse nur in der Tendenz betrachtet werden sollen.

### 5.1.3.3 Anteil harmonischer und disharmonischer Lautkomponenten an der Gesamtvokalisation

Die Anteile beider Lautkomponenten über alle Tiere für beide Haltungen stellt die Abbildung 5.6 dar (sowie Anhang Tab. A 5). Es wird die einmalige Wiederholung einer Brunst pro Tier berücksichtigt, da hier die Datensätze beider Haltungen annähernd balanciert sind ( $n_{\text{Brunst}} = 20$ ).

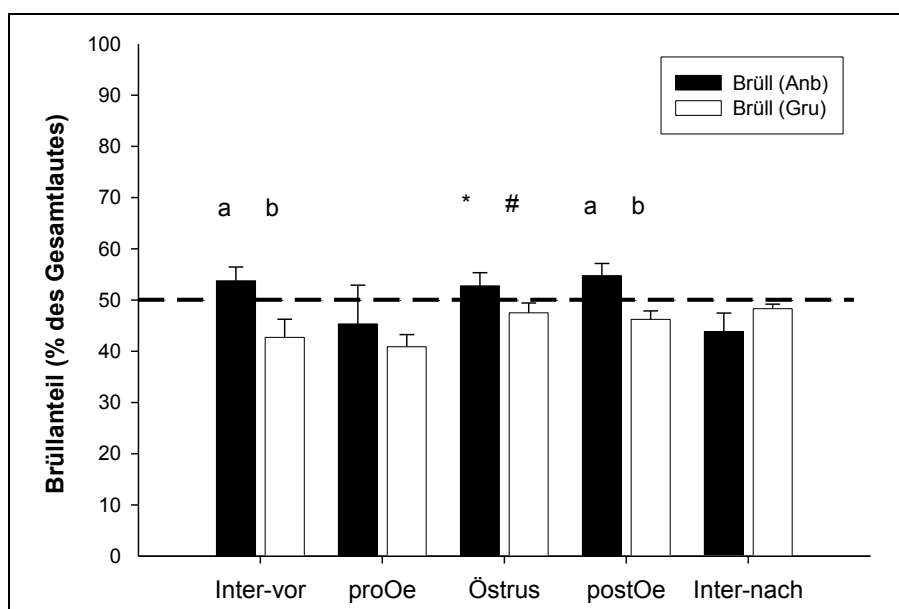


Abb. 5.6: Vergleichende Betrachtung des relativen disharmonischen Anteils am Gesamtlaut (%) über verschiedene Untersuchungsphasen zwischen den Haltungssystemen. Anb - Anbindehaltung, Gru - Gruppenhaltung (LSM  $\pm$  SE,  $n_{\text{Brunst}} = 20$ )

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben eines Zeitpunktes sind signifikant verschieden ( $p < 0,05$ )

\* # Werte mit Symbolen sind tendenziell verschieden ( $p \geq 0,05$  aber  $p \leq 0,1$ )



Beim Vergleich einzelner Zyklusphasen treten Differenzen bei den Brüllanteilen mit einer Spannweite von 11 (Anbindehaltung) und 7 (Gruppenhaltung) Prozentpunkten auf. Zwischen beiden relativen Lautstrukturen einer Taggruppe lassen sich Unterschiede zwischen 6 und 12 % (Anbindehaltung) und zwischen 1,2 und 18,2 % (Gruppenhaltung) ausmachen. Am deutlichsten fällt dieser Unterschied in der Gruppenhaltung im „proOe“ mit 40,9 % (Brüll) zu 59,1 % (Muh) und in Anbindehaltung im Interöstrus-„nach“ aus.

In beiden Haltungen steigen die Anteile der disharmonischen Komponenten vom „proOe“ mit 45,3 % bzw. 40,9 % (Anbinde- bzw. Gruppenhaltung) zum Östrus auf 52,8 % in Anbinde- sowie 47,5 % in Gruppenhaltung ( $p < 0,05$ ) an. Zum resp. nach dem „postOe“ fallen diese ab und verbleiben anschließend im Interöstrus-„nach“ in Anbindehaltung auf einem signifikant niedrigeren Niveau als im Östrus mit 43,9 % ( $p < 0,01$ ) bzw. 48,3 % in Gruppenhaltung ( $p = 0,6$ ). Insgesamt überwiegt der relative Muh- über den Brüllanteil in Gruppenhaltung im periöstrischen Zeitraum und liegt vor allem auf einem wesentlich höheren Niveau als in Anbindehaltung. Obwohl der harmonische Lautanteil bei den sich frei bewegenden Probandinnen höher als der disharmonische ist, bleibt er anders als in Anbindehaltung nach dem Absinken des „proOe“ (59,1 %) zum Östrus (52,5 %) im Anschluss des „postOe“ (53,8 %) und Interöstrus-„nach“ konstant (51,7 %). Neben der Tatsache, dass in Anbindehaltung verstärkt disharmonische Lautkomponenten am Östrus auftreten, überrascht hier über den Zyklusverlauf insgesamt ein ausgeglichenes Verhältnis des Muh- sowie Brüllanteils (50,1 % zu 49,9 %). Auffällig tendieren in Anbindehaltung zu fast allen Zyklusphasen die disharmonischen Lautabschnitte zu höheren Anteilen an der Gesamtvokalisation als in Gruppenhaltung. Andererseits überwiegen in Gruppenhaltung während des gesamten Untersuchungszeitraumes harmonische Lautkomponenten über die disharmonischen und dementsprechend ist das Verhältnis insgesamt zugunsten des Brüllanteils (54,9 % zu 45,1 %). Eine quantitative Veränderung des geräuschhaften Anteils am Laut gibt möglicherweise einen Hinweis auf den physiologischen Status der Brunst und/oder deutet auf einen Unterschied zwischen den Haltungssystemen hin.

#### **5.1.3.4 Visuelle Brunstfeststellung und Effizienz der Methode der quantitativen Lautmessung**

Für die folgende Betrachtung wird vorausgesetzt, dass mindestens einmal am Brunsttag ein Lautereignis aufgetreten ist. Übereinstimmend mit dem visuell beobachteten Brunstzeitpunkt (visB) ist am  $d 0$  die mittlere Gesamtvokalisation ( $V_{ges}$ ) in beiden Haltungssystemen am höchsten. In den meisten Fällen der Anbindehaltung (23/25) und Gruppenhaltung (11/14) wird am Brunsttag auch die maximale Vokalisationsanzahl·Tier<sup>-1</sup>

erreicht. In Anbindehaltung werden bei allen Probandinnen und zu allen Östren (25/25) ansteigende Vokalisationen von d -2 zu d-1 und/oder zum Östrus beobachtet. An 92 % der Brunsttage (8/ 9 Probandinnen) steigt die Lautanzahl auch vom „proOe“ (d -1) zum Östrus (d 0). Dem Anstieg folgt in fast allen Östren (24/25) ein Abfall zum „postOe“ (d +1). Die Lautanzahl in der Gruppenhaltung steigt ähnlich wie in Anbindehaltung bei fast allen Probandinnen (7/8) und in 86 % der Brunsten vom d -2 zu d -1 und/oder zum Östrus an. An 79 % der Brunsttage (6/8 Probanden) steigt die Lautanzahl auch vom „proOe“ (d -1) zum Östrus (d 0). Anschließend folgt ebenso bis auf zwei Ausnahmen, ein gleichzeitiger Abfall zum postOe (d +1).

Zur Evaluierung der Methode der Lautmessung (Tab. 5.6) sind die Parameter Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate (%) eruiert worden (Kapitel 4.6.1).

Tab. 5.6: Beispielberechnung der Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate der Vokalisationsmethode zur retrospektiven Erkennung der Brunst in beiden Haltungssystemen (Grenzwertschwelle: 50 %)

Parameter	Haltungssystem					
	Anb d 0	Gru d 0	Anb d -1, 0	Gru d -1, 0	Anb d -1, 0, +1	Gru d -1, 0, +1
Brunst wahrpos	19	11	22	14	25	15
Brunst falschneg	9	10	6	7	3	6
NichtBrunst wahrneg	24	14	26	17	27	17
NichtBrunst falschpos	4	7	2	4	1	4
Sensitivität, BER (%)	67,9	52,4	78,6	66,7	89,3	71,4
Genauigkeit (%)	85,7	66,7	92,9	81,0	96,4	81,0
Fehlerrate (%)	17,4	38,9	8,3	22,2	3,8	21,1

Die Darstellung aller Tiere und Wiederholungen beider Haltungen befindet sich im Anhang (Tab. A 6 und A 7). Ausgehend von einer 50 %-igen Grenzwertüberschreitung für den Zeitpunkt des Östrus ergibt sich für die Anbindehaltung eine 68 %-ige Sensitivität (19/28) bei insgesamt 24 von 28 korrekt erkannten Brunsten (Genauigkeit) mit einer Fehlerrate von 17,4 %. Zusammen mit dem „proOe“, Östrus und „postOe“ (d -1, 0, +1) stieg die Brunsterkennungsrate sogar auf knapp 90 % (25/28) bei einer Genauigkeit von 96,4 % und einer Fehlerrate von 3,8 %. In der Gruppenhaltung konnte unter Annahme desselben Grenzwertes am d 0 mit dieser Methode eine Sensitivität von insgesamt 52,4 % bei 14 von 21 korrekt erkannten Brunstperioden und einer Fehlerrate von 39 % ermittelt werden. Verringert sich der Grenzwert oder wird der erste „proOe“-Tag und „postOe“-Tag mit

einberechnet, erhöhen sich die BER (71,4 %) und Genauigkeit (81 %), während die Fehlerrate sinkt (Tab. 5.6).

Zusammengefasst wird mit dieser retrospektiven Methode in der Gruppenhaltung eine höhere Fehlerrate gegenüber der Anbindehaltung ausgewiesen. Angesichts des Auftretens von ein oder zwei Lauten außerhalb des periöstrischen Zeitraumes bei einer insgesamt geringen Gesamtvokalisation des Tieres kann dies schnell zu einem falsch positiven Ergebnis führen.

## 5.2 Quantifizierung ausgewählter Verhaltensparameter in Gruppenhaltung

### 5.2.1 Zykluslänge und Brunstmerkmale am Brunsttag

In beiden durchgeführten Untersuchungen wurde über alle Brunsten und Tiere hinweg ein mittleres Östrusintervall mit einer Dauer von  $21,9 \pm 0,4$  d für die Anbinde- und  $22,1 \pm 0,4$  d für die Gruppenhaltung ermittelt. Damit besteht eine gute Übereinstimmung für beide Haltungen. Interindividuell beträgt die Variation des Intervalls zwischen 19 und 28 d.

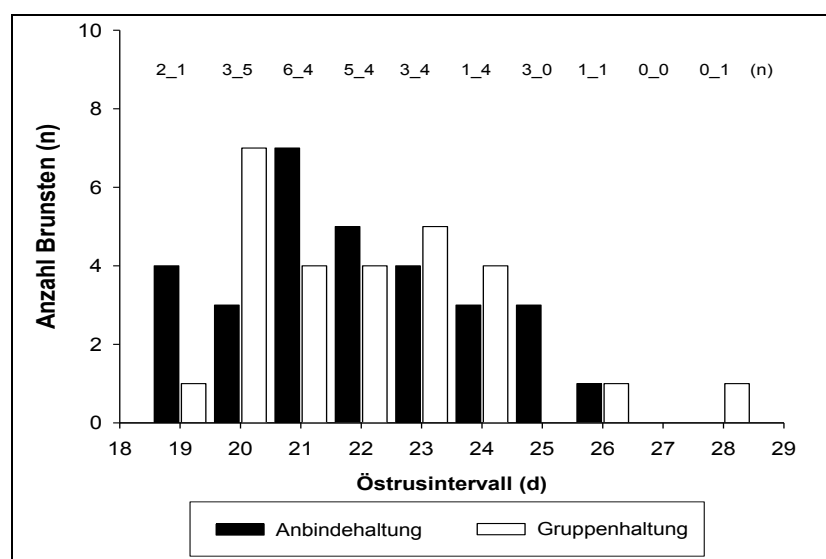


Abb. 5.7: Häufigkeit und Dauer der Zykluslänge (n) in Anbinde- ( $n_{\text{Brunst}} = 30$ ) und Gruppenhaltung ( $n_{\text{Brunst}} = 27$ ), Angaben zur Tieranzahl (n) des jeweiligen Intervalls stehen oberhalb des Balkens (Anb\_Gru).

In Abbildung 5.7 ist die Zykluslänge (d) für beide Haltungen dargestellt. Zusätzlich ist die Anzahl der Tiere (n) zum jeweiligen Intervall angegeben. Die erste Zahl bezieht sich auf die Tiere der Anbinde-, die zweite Zahl auf die Tiere der Gruppenhaltung (Anb\_Gru). In Anbinde- bzw. Gruppenhaltung treten am häufigsten (7 Brunsten) 21- bzw. 20-tägige Intervalle auf. Insgesamt werden in beiden Haltungen zwar die 20- und 21-tägigen

Intervalle am häufigsten ermittelt, jedoch wird erst mit 22 d ein Großteil aller Probandinnen (9/11) brünstig.

Die unterschiedlichen Verhaltensparameter, die am Östrus beobachtet wurden, sind in der Abbildung 5.8 aufgeführt. Sie sind nicht alle zu jeder Brunst aufgetreten, mit Ausnahme des am Östrus am häufigsten vorkommenden *Kinn ablegen* ( $54,6 \pm 5,4$ -mal).

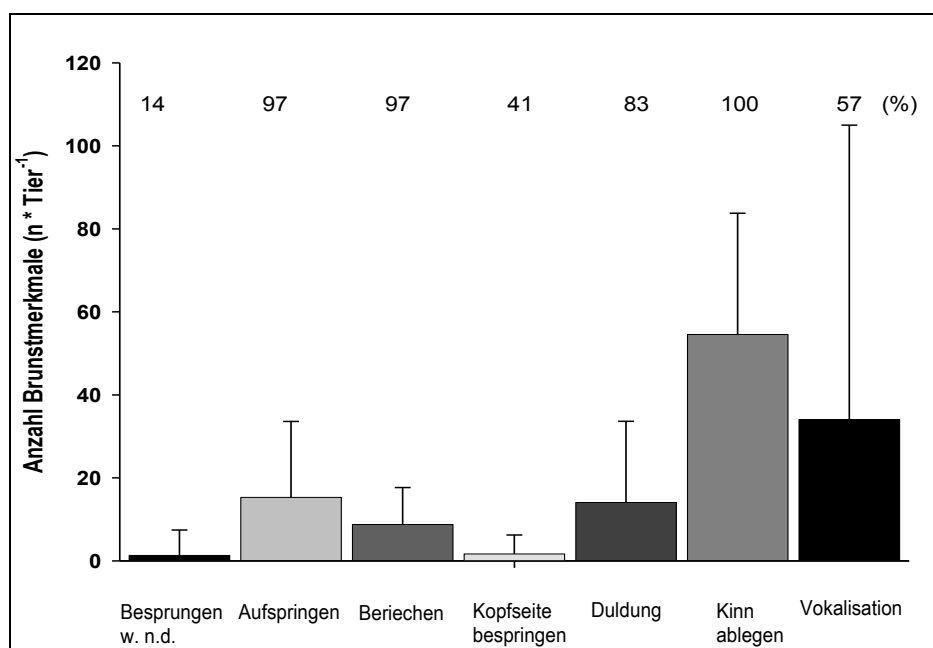


Abb. 5.8: Mittlere Anzahl der untersuchten Verhaltensparameter am d 0 in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n_{\text{Brunst}} = 29$ ) und Anteil Östren (in %) in denen dieses Merkmal wenigstens einmal gezeigt worden ist (über dem Balken)

Während des Östrus treten zudem noch häufig das *Vokalisieren* ( $32,9 \pm 13,2$  Laute) und das *Aufspringen* ( $15,3 \pm 3,4$ -mal) sowie die *Duldung* ( $14,1 \pm 3,6$ -mal) auf. Am wenigsten werden das *Besprungen werden nicht dulden* (*Besprungen w. n. d.*) ( $1,3 \pm 1,1$ -mal) und das *Aufspringen auf den Kopf* ( $1,7 \pm 0,9$ -mal) beobachtet. Vier von sieben untersuchten Verhaltensparametern zeigen alle Jungtiere am Östrus: *Duldung*, *Aufspringen* und *Beriechen* sowie *Kinn ablegen*. Diese werden in (fast) allen Brunsten (83 % - 100 %) ausgeführt. Die anderen drei Brunstmerkmale werden nicht von allen 11 Probandinnen gezeigt. Nur 4 Probandinnen sind beim *Besprungen werden nicht dulden* stehen geblieben, 9 von 11 vokalisieren und 8 Probandinnen bespringen die Kopfseite einer anderen probandin während der Brunst. Die Häufigkeit der gezeigten Merkmale *Duldung*, *Aufspringen*, *Beriechen*, *Kinn ablegen* und *Vokalisation* am d 0 unterscheidet sich zu allen anderen Phasen des Zyklus ( $p < 0,01$ ). Das Merkmal *Kopfseite bespringen* tritt im gesamten Zyklusverlauf nur 54-mal auf, davon 48-mal am Östrus. Es konnte aber aufgrund der

Datenlage nicht statistisch gesichert werden. Eine hohe interindividuelle Variation besteht in der Expression der Brunstmerkmale, beispielsweise findet das *Kinn ablegen* zwischen 8- und 138-mal während einer Brunst statt, während das Anzeichen des *Beriechens* zwischen 0- und 43-mal unter den Tieren beobachtet wird.

### 5.2.2 Expression der Brunstverhaltensparameter

Generell hat die vermehrte Anzahl brünstiger Tiere einen positiven Einfluss auf die tierindividuelle Brunstexpression. Als ein Ausdruck für die Brunstintensität ist die totale, maximale und mittlere Anzahl Punkte für die Verhaltensweisen in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig in Brunst befindlicher Jungtiere (TiBr) anzusehen. Zeitgleich bedeutet hier, dass während des „proOe“ (d -1), des Östrus (d 0) selber oder des „postOe“ (d +1) des Fokustieres während mindestens einer Beobachtungsperiode ein oder mehrere Begleittiere zusammen brünstig sind. Diese sexuell aktiven Tieren schließen sich häufig zu einer sexuell aktiven Gruppe (SAG) zusammen. Für die nachfolgenden Auswertungen (Tab. 5.7 und Tab. 5.8) in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere sind Daten von sieben Brunstperioden ausgeschlossen worden (n = 20), davon zwei aufgrund fehlender Aufzeichnungen des Brunstbeginns und fünf mit dem Brunstende in der Nacht (s. Kapitel 4.6.2). Die durchschnittliche Brunstdauer (h), maximale P<sub>4</sub>- und E<sub>2</sub>-Konzentration, Gesamtpunktzahl pro Östrus sowie Brunsttag, maximale Punktzahl pro Östrus und durchschnittliche Punktzahl einer Beobachtungsperiode während des Östrus in Abhängigkeit der Anzahl Tiere in Brunst (TiBr) mit Angaben des Schwankungsbereiches ist in Tabelle 5.7 dargestellt.

Es sollte beachtet werden, dass die „Gesamtpunktzahl im Östrus“ von der „Punktzahl des Brunsttages“ abweicht, da der Östrus nach der individuellen Dauer ermittelt wurde (s. Kapitel 4.5.3), für den Brunsttag aber eine 24-h-Periode aufsummiert wurde. In 78 % der Brunsten ist nur das Fokustier, in den restlichen Brunsten waren zwei Probandinnen der Gruppe gleichzeitig während mindestens einer Beobachtungsperiode in Brunst. Die Brunstdauer wird von durchschnittlich 14 auf 27 h von der erhöhten Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere positiv beeinflusst. Da andere Autoren eine Brunst über Anfang und Ende der Duldung definieren, kann es definitionsbedingt zu abweichenden Werten mit der vorliegenden Arbeit kommen. Ebenso deutlich werden bei mehreren gleichzeitig brünstigen Tieren die individuellen Brunstmerkmale verstärkt und somit steigen alle genannten Brunstexpressionsmerkmale (gesamt, max., mittel) in der Punktzahl stark an (Tab. 5.7).

Tab. 5.7: Verhaltensparameter und Steroidhormonkonzentrationen ( $P_4$  und  $E_2$ ) in Abhängigkeit gleichzeitig brünstiger Tiere (TiBr) sowie interindividuelle Variation (in Klammern) in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ )

Parameter	Anzahl Tiere in Brunst während des Östrus			
	1 TiBr		2 TiBr <sup>1)</sup>	
Brunstdauer (h)	14 ± 1	(5 – 24)	27 ± 3	(23 - 33)
$P_4$ (ng/ml)	0,4 ± 0,2 <sup>2)</sup>	(0,1 - 0,6)	0,6 ± 0,1 <sup>3)</sup>	(0,5 - 1)
$E_2$ (pg/ml)	17 ± 6 <sup>2)</sup>	(8 – 25)	20 ± 8 <sup>3)</sup>	(11 - 29)
Gesamtpunktzahl/ Östrus <sup>4)</sup>	1908 ± 194	(245 – 3300)	5718 ± 492	(4735 – 6240)
Max. Punktzahl/ Östrus <sup>5)</sup>	399 ± 47	(80 - 730)	845 ± 140	(565 - 995)
Mittlere Punktzahl/ Periode <sup>6)</sup>	124 ± 13	(35 - 222)	221 ± 53	(118 - 295)
Gesamtpunktzahl/ Brunsttag	1744 ± 183	(220 – 3220)	4963 ± 1131	(2700 - 6100)
Gesamtvokalisation/ Östrus <sup>7)</sup>	30 ± 18	(0 - 272)	19 ± 19	(0 - 56)

1)  $n_{\text{Brunst}} = 3$  2)  $n_{\text{Brunst}} = 23$  3)  $n_{\text{Brunst}} = 6$

4) Gesamtanzahl erreichter Punkte während des gesamten Östrus

5) maximal erreichte Anzahl Punkte einer Beobachtungsperiode (0,5 h) während des Östrus

6) mittlere Punktzahl während einer Beobachtungsperiode während des Östrus

7)  $n_{\text{Brunst}} = 19$ , betrifft die Vokalisationen (n) innerhalb des Östrus

So liegt beispielsweise die Gesamtpunktzahl bzw. max. Punktzahl während einer Beobachtungsperiode im Östrus in der Gruppe mit einem Tier in Brunst bei 1908 Punkten sowie 399 Punkten, während bei zwei gleichzeitig brünstigen Probandinnen durchschnittlich 5718 sowie 845 Punkte erreicht werden. Die max. und min. ermittelte individuelle Punktzahl während einer Beobachtungsperiode beträgt in der Gruppe mit einem TiBr 80 und 730 Punkte resp. 995 und 565 Punkte in der anderen Gruppe. Aufgrund der großen interindividuellen Variation (Standardfehler) und der Datenlage ( $n = 3$ ), die bei der Ausprägung der Brunstmerkmale und der erreichten Punktzahl in der Gruppe mit zwei TiBr besteht, zeigen die Ergebnisse nur eine Tendenz auf und weiterführende Untersuchungen sind diesbezüglich erforderlich.

### 5.2.3 Ausmaß und Dauer der Brunstmerkmale in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere und im Interöstrus

Während alle untersuchten Parameter mehr oder weniger frequent im Östrus auftraten, konnten einige auch außerhalb der Brunst (d 0) während der übrigen Tage der Vor- und

Nachbrunst sowie im etwa 17 Tage andauernden Interöstrus (InterOe) beobachtet werden (vergl. Tab. A 8 im Anhang). Ihr Auftreten in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere und während des Interöstrus zeigt Tabelle 5.8.

Tab. 5.8: Häufigkeit individueller Verhaltensparameter am Brunsttag in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere mit dem Anteil Brunsten\* (in %) sowie während des Interöstrus ( $\bar{x} \pm s$ )

Parameter	Anzahl Tiere in Brunst während des Östrus				InterOe <sup>1)</sup>	
	1TiBr	%	2 TiBr	%	$\bar{x} \pm s$	%
Besprungen w. n. d.	1,0 ± n.k	6	0,0	0	6,9 ± 1,7	55
Aufspringen	9,4 ± 1,6	94	20 ± 10,8	100	5,6 ± 1,6	59
Beriechen	8,5 ± 1,2	94	6 ± 4,0	100	1,3 ± 0,1	69
Kopfseite bespringen	2,0 ± 0,4	29	12,5 ± 11,5	67	1,3 ± 0,3	10
Duldung	8,5 ± 1,9 <sup>a</sup>	77	28,3 ± 11,0 <sup>b</sup>	100	0,0	0
Kinn ablegen	47,2 ± 6,2	100	66,3 ± 16,3	100	2,0 ± 0,2	76
Vokalisation (n)	54,6 ± 31,3	53	56 ± n.k. <sup>#</sup>	33	10,1 ± 1,8	46

\* in der der Parameter mindestens einmal während einer Beobachtungsperiode aufgetreten ist

<sup>1)</sup> n<sub>Interöstrus</sub> = 29

<sup>#</sup> n.k. = nicht kalkulierbar

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ( $p < 0,01$ )

Die Ausprägung einzelner Verhaltensweisen ist stärker, wenn sich mehrere Tiere gleichzeitig in Brunst befinden. Alle untersuchten Brunstmerkmale wie beispielsweise das *Aufspringen* und *Kinn ablegen* werden in der Gruppe mit nur einem brünstigen Tier (9-mal und 47-mal) weniger häufig gezeigt als in der anderen Gruppe (20- und 66-mal). Ausnahmen bilden hier das *Besprungen w.n.d.* und *Beriechen*. In der Gruppe mit zwei TiBr vokalisierte lediglich ein Tier. Auch die *Duldungs*-Frequenz wird durch den Einfluss mehrerer gleichzeitig brünstiger Tiere positiv beeinflusst (ein TiBr 8,5-mal vs. zwei TiBr. 28-mal,  $p < 0,01$ ). Eine höhere Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere während des Östrus scheint prozentual in mehr Brunstperioden zu resultieren, in denen Anzeichen des *Aufspringens*, die *Kopfseite bespringen*, *Beriechen* und *Duldung* zumindest einmal gezeigt werden. Andererseits verringert sich der Anteil der Brunsten in denen Tiere das *Besprungen w.n.d.* sowie vokalisieren (Tab. 5.8). Im Interöstrus tritt am häufigsten die *Vokalisation* und das *Besprungen w. n. d.* in rund der Hälfte der Interöstrusperioden auf. Mit durchschnittlich 6-mal bzw. 1-mal springen die meisten Probandinnen (10 von 11) in 59 % bzw. in 69 % der Fälle auf bzw. beriechen sich. Dabei ist das *Aufspringen* außerhalb

des Östrus und das *Besprungen w. n. d.* von 72 % nicht brünstigen Tiere vermutlich der geringen Gruppengröße geschuldet. Zudem legen in den meisten Interöstrusperioden (76 %) 9 Probandinnen das Kinn ab. Der Duldungsreflex konnte während des Interöstrus bei keinem Tier beobachtet werden. In dieser Phase ist die *Kopfseite bespringen* bei zwei Probandinnen in 10 % der Perioden zusammen mit dem *Beriechen* am wenigsten ( $1,3 \pm 0,3$  bzw.  $1,3 \pm 0,1$ ) von allen Verhaltensweisen gezeigt worden. Die große interindividuelle Variation (Standardfehler) in der Gruppe mit mehreren gleichzeitig brünstigen Tieren wird wie auch schon in der Expression der Brunstmerkmale durch die Datenlage ( $n = 3$ ) begünstigt.

Über die zeitliche Dauer der einzelnen Verhaltensweisen, beginnend mit dem ersten und endend mit dem letzten gezeigten Merkmal innerhalb einer Brunst, gibt die Tabelle 5.9 Auskunft.

Tab. 5.9: Dauer (in h) der individuellen Verhaltensweisen in Abhängigkeit gleichzeitig brünstiger Tiere in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$  (Bereich))

Parameter	Anzahl Tiere in Brunst während des Östrus		Gesamt (Bereich)
	1 TiBr	2 TiBr	
Besprungen w. n. d.	$0,5 \pm 0$	$9,0 \pm n.k.^{\#}$	$2,6 \pm 0,9$ (0,5 - 9)
Aufspringen	$9,3 \pm 1,7$	$21,8 \pm 1,5$	$11,1 \pm 1,8$ (0,5 - 23)
Beriechen	$8,2 \pm 1,6$	$11,0 \pm 5,5$	$8,6 \pm 1,6$ (0,5 - 22)
Kopfseite bespringen	$4,6 \pm 1,2$	$6,3 \pm 4,6$	$5,0 \pm 1,6$ (0,5 - 12)
Duldung	$5,6 \pm 1,4$	$7,8 \pm 1,4$	$6,0 \pm 1,2$ (0,5 - 19)
Kinn ablegen	$12,5 \pm 1,5$	$18,8 \pm 3,7$	$13,4 \pm 1,5$ (2 - 24)
Vokalisation (n)	$7,0 \pm 1,6$	$7,5 \pm n.k.^{\#}$	$7,0 \pm 1,4$ (0,5 - 21)

<sup>#</sup>) n.k. = nicht kalkulierbar

Es besteht ein Einfluss der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere auf die Dauer aller untersuchten Verhaltensparameter wie *Aufspringen*, *die Kopfseite bespringen*, *Beriechen*, *Kinn ablegen* und *Duldung*. Bei der Dauer des *Besprungen w. n. d.* (9 h) und der *Vokalisation* (7,5 h) in der Gruppe mit zwei TiBr handelt es sich zum einen um die Daten eines Begleittieres in beginnender Brunst, welches vom Fokustier besprungen worden ist und nicht ausweichen konnte und zum anderen um die Daten eines Fokustieres (Tab. 5.9).



#### 5.2.4 Beziehungen zwischen Parametern des Verhaltens und den Steroidhormonkonzentrationen sowie der Vokalisation

Für die Korrelation der Brunstverhaltensparameter im periöstrischen Zeitraum sind zwischen der Anzahl Laute, P<sub>4</sub> und E<sub>2</sub> die folgenden Variablen zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten betrachtet worden: *Besprungen w. n. d.*, *Duldung*, *Aufspringen*, *Beriechen*, *Kopf bespringen* und *Kinn ablegen*.

Für den Zeitraum des Brunsttages, des „postOe“ und „InterOe“ konnten keine Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern festgestellt werden. Lediglich im Zeitraum des „proOe“ bestand eine signifikante zwischen der Progesteronkonzentration und dem *Kinn ablegen* ( $r = -0,41$   $p < 0,01$ ). Bis auf die genannten Parameter sind innerhalb der einzelnen Taggruppen keine gesicherten Zusammenhänge zwischen der Lautanzahl, P<sub>4</sub> und E<sub>2</sub> erkennbar.

Über einen längeren Zeitraum vor einer Brunst ( $d \leq 0$ ) ergeben sich positive Beziehungen zwischen der *Lautanzahl* und vermehrten Beobachtung des *Aufspringens* ( $r = 0,30$ ) sowie *Kinn ablegens* ( $r = 0,36$  alle  $p < 0,01$ ). Zudem besteht ein Zusammenhang zwischen dem kontinuierlichen Abfall der Progesteronkonzentration und dem Anstieg (fast) aller untersuchten Verhaltensweisen ( $r = -0,29$  bis  $-0,55$   $p < 0,01$ ). Östradiol-17 $\beta$  weist in diesem Zeitraum nur mit dem *Kinn ablegen* einen Zusammenhang auf ( $r = 0,25$   $p < 0,05$ ). Im Zeitraum einschließlich und nach einer Brunst ( $d \geq 0$ ) sind zwischen der *Lautanzahl* und den Variablen *Aufspringen* ( $r = 0,26$ ), *Beriechen* ( $r = 0,22$ ) und *Kinn ablegen* ( $r = 0,26$ ) signifikante Beziehungen nachweisbar ( $p < 0,001$ ). Über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es keine Beziehungen der Variablen mit dem *Besprungen w.n.d.* Die Korrelationsergebnisse belegen jedoch deutlich den Einfluss des Östrus durch eine Zunahme der Verhaltensweisen. Denn ohne den Zeitraum eines Östrus ( $d <$  bzw.  $> 0$ ) kann nur vor einer Brunst ( $d < 0$ ) zwischen der *Lautanzahl* und dem *Kinn ablegen* ( $r = 0,27$   $p < 0,01$ ) ein Zusammenhang festgestellt werden. Da auch zwischen den Brunstverhaltensparametern und der Lautanzahl, P<sub>4</sub> bzw. E<sub>2</sub> nur schwache Korrelationen bestehen, sollte aufgrund der schwierigen Interpretation diesbezüglich auf weiterführende Untersuchung verwiesen werden.

## 6 Diskussion

### 6.1 Anwendbarkeit der Methoden der Verhaltens-Punkte und der sensorbasierten Vokalisationsaufnahme, -messung und -analyse zur Brunsterkennung

Ein optimales Brunsterkennungssystem sollte die folgenden Parameter berücksichtigen (SENGER, 1994): kontinuierliche Überwachung der Herde (24 h/Tag), akkurate (sichere) und automatische Identifizierung der Brunst des Tieres, hohe Funktionstüchtigkeit über die produktive Lebenszeit des Tieres, minimaler Arbeits- und Zeitaufwand und hohe Genauigkeit (95 %) darin, die geeigneten physiologischen oder verhaltensbiologischen Ereignisse zu identifizieren, die eng mit der Ovulation korrelieren. Darüber hinaus sollten Kauf- und Erhaltungsaufwand des Brunsterkennungssystems in relativem Nutzen zu befriedigenden Erkennungsraten stehen (FIRK et al., 2002).

Vor dem Ovulationsereignis zeigt das Rind einige Brunstverhaltensweisen, bei dem als primäres Brunstanzeichen der Duldungsreflex (VAN EERDENBURG, 2006) eine wichtige Rolle für eine erfolgreiche und zeitgenaue Insemination spielt. In jüngeren Studien wiesen zum einen über die Hälfte aller brünstigen Tiere keinen Duldungsreflex (VAN VLIET & VAN EERDENBURG, 1996) und zum anderen auch eine geringere Frequenz der Duldung (10,1- vs. 4,4-mal WALKER et al., 1996, 2010). Das *Aufspringen* auf andere Tiere als weiteres Merkmal, wurde in mehreren Untersuchungen mit < 50 % bis 75 % aller brünstigen Tiere (MEE et al., 2002; ROELOFFS et al., 2005a) unterschiedlich stark ausgeprägt beobachtet.

Aufgrund dieser Tatsachen wurden in der vorliegenden Untersuchung auch andere Sekundärexpressionen der Brunst ausgewählt, um den bestehenden großen Bedarf nach deren Charakterisierung gerecht zu werden sowie eine mögliche Beziehung zur Vokalisation aufzuzeigen. Mit der verwendeten Methode der Punktevergabe an bestimmte ausgewählte Verhaltensweisen bei der visuellen Brunstbeobachtung sind in der vorliegenden Arbeit alle Brunsten sicher erkannt worden. Dies erforderte sowohl einen relativen täglichen Zeitaufwandes (2-mal täglich 20 min, während der Brunst 3-mal täglich 30 min) und Arbeitsaufwand (lückenlose Dokumentation), als auch eine gewisse Erfahrung und geschultes Wissen über die brunstanzeigenden Symptome.

In der Gruppenhaltung kam mit der Auswertung der Videoaufzeichnungen ein nicht unerheblicher Zeit- und Arbeitsaufwand hinzu. SCHLÜNSEN et al. (1987b) bestätigten, dass eine klare Voraussage über die optimale Insemination bzw. den

Inseminationszeitpunkt kontinuierliche Datenerfassung verlangt und vorzugsweise mehrere Parameter einschließt. Für eine reproduzierbare, messbare Änderung des Verhaltens oder des physiologischen Status ist eine kontinuierliche Beobachtung (24 h/Tag) wichtig. Dafür spricht auch die Tatsache, dass in der vorliegenden Untersuchung der Beginn des Östrus inter- und intraindividuell über den Tag verteilt, häufiger frühmorgens und abends eintritt, was auch schon morgens SAMBRAUS (1978) und WALKER et al. (2008) sowie abends und nachts WILLIAMSON et al. (1972) und HURNIK et al. (1975) beobachten konnten. Die Methode der Punktevergabe stellte anhand der gemachten Erfahrungen deshalb ein sehr gut geeignetes Mittel dar, um hohe Praktikabilität mit einem hohen Brunsterkennungspotential zu kombinieren (unabhängig des relativ hohen Aufwandes durch die Videoüberwachung in dieser Untersuchung).

#### *Vokalisationsaufnahme und -erfassung*

Ein Ergebnis des technischen Fortschritts bei der computer- und sensorgestützten Tierüberwachung in der Rinderhaltung ist die automatische Brunsterkennung. Bei der automatischen Vokalisationsaufnahme und -speicherung mittels eines sensorgestützten Systems sind als positive Eigenschaften hervorzuheben: ein kontinuierlich arbeitendes System zur Überwachung der Tierbestände bei der Brunstdiagnostik und eventuell auch in anderen Funktionsbereichen, wie der Tiergesundheit. Insbesondere in der Gruppenhaltung wurden positive Erfahrungen bei den Probandinnen gemacht, da diese nicht-invasive Methode Verhaltensweisen und Bewegungsfreiheit der Tiere nicht bzw. nur geringfügig beeinflusst, was die generelle Annahme JAHNS (2006) bei akustischen Systemen bestätigt. Daneben ermöglicht das technische System 24 h pro Tag Aufnahmebereitschaft und durch seine charakteristische Echtzeitaufzeichnung zeitgenaue Angaben über Dauer, Verlauf und Struktur der Vokalisation (Zeitverlauf und Sonagramm). Zusätzlich kann es zur anschließenden späteren Auswertung abgerufen werden.

Durch die Auswahl der Mikrofoncharakteristik und Platzierung war es möglich den Aufnahmebereich zu kontrollieren, wie auch Untersuchungen von MANTEUFFEL & SCHÖN (2004) zeigten. In Anbindehaltung wurde ein Mikrofon mit Richtcharakteristik für einen Bereich dicht am Kopf des Tieres für die Aufnahmen verwendet. Alternativ war durch die Aufnahmecharakteristik des Mikrofons in der Gruppenhaltung ein größerer Haltungsbereich abgedeckt worden, dessen Ausdehnung von einer zu erreichenden Mindestlautstärke bestimmt wurde. Dieser Wert hing von der Empfindlichkeit des Mikrofons und der SchwellwertEinstellung ab. Kritisch anzumerken ist, dass hiermit eine

individuelle Zuordnung der Laute zu einem Probanden nicht möglich war, da auch alle anderen Geräusche mit aufgenommen wurden.

Der zuletzt angeführte Punkt ist ein wichtiger Aspekt zukünftiger Forschung auf diesem Gebiet, welche beispielsweise auf die in den letzten Jahren erfolgte automatische Lautanalyse bei Schweinen in Stresssituationen aufbauen könnte. Im Rahmen dieser Arbeiten zur Lautäußerung von Schweinen wurden die technischen Voraussetzungen für die Analyse und statistische Bearbeitung der Vokalisationen einzelner Tiere entwickelt und charakteristische Lautelemente klassifiziert (SCHÖN et al., 2001; PUPPE et al., 2005). Für die praxisrelevante Laufstallhaltung sollte zukünftig ein Verfahren entwickelt werden, dass automatisch über das Aufkommen und den Zeitpunkt von Vokalisationen informiert und vokale Ereignisse kontinuierlich und routinemäßig dokumentiert. Akustische Daten könnten in gespeicherter Form digitalisiert vorliegen und nach ihrer Dringlichkeit in Alarmlisten den Tieren zugeordnet werden. In Form eines Protokolls stellt dies ein zeitsparendes Hilfsmittel für die Brunsterkennung dar, da der Landwirt auf wertvolle Informationen eines Vokalisationsanstiegs zurückgreifen kann. Voraussetzungen für ein Verfahren sind eine interindividuelle Unterscheidung der Laute (z.B. durch individuelle Halsbandmikrofone) sowie eine Unempfindlichkeit gegenüber störenden Fremdgeräuschen (wie Stimmen oder Bewirtschaftung). Für die Praxis sollten der technische Wartungsaufwand bzw. die Störanfälligkeit der Geräte minimiert werden.

Der gewählte Untersuchungsansatz der Methode der Vokalisationserfassung ermöglichte es, innerhalb eines langen Zeitraumes in den untersuchten Haltungssystemen praxisnah die vokalen Ereignisse der Jungrinder zu erfassen und besonders im periöstrischen Zeitraum zu identifizieren. Die erhaltenen Lautaufnahmen beider Haltungen ließen sich nun untereinander und hinsichtlich der untersuchten Parameter der visuellen Brunsterkennung vergleichen. Ein Vorteil der Methode wird darin gesehen, dass die Probandinnen in der Gruppe jeweils unter gleichen Umweltbedingungen (Haltung, Fütterung und Management) nicht-invasiv untersucht wurden. Darüber hinaus bot das technische System die Möglichkeit der uneingeschränkten Zugänglichkeit zur separaten Datenansicht, ohne einen störenden Einfluss auf die Tiere zu nehmen.

Beide Methoden, die der Vokalisationsaufnahme sowie die der Verhaltensanalyse besitzen zur Brunst einen Synergieeffekt und könnten in zukünftigen Brunsterkennungsverfahren kombiniert werden.

### *Lautanalysemethoden*

Die Analyse von Sprachsignalen ist sehr komplex und schwierig zu realisieren (s. Kapitel 2.3.4). SCHUKAT-TALAMAZZINI (1995) und MACHELETT (1996) benannten das Problem, dass die Analyse nie gleichzeitig eine hohe Zeitauflösung *und* eine hohe Frequenzauflösung bieten kann. Denn je genauer die Auflösung im Zeitbereich, desto ungenauer ist sie im Frequenzbereich und umgekehrt. Nach Erfahrungen von SCHRADER & HAMMERSCHMIDT (1997) und SCHÖN et al. (2001) kann dies zu Ungenauigkeiten bei der Analyse führen. Weiterhin ist es nicht leicht zu entscheiden, welche Merkmale aus dem Sonagramm für die exakte Charakterisierung der Laute relevant sind. Zu wenige Merkmale führen zu einem unzureichenden Modell und zu viele Merkmale überlasten die Rechenleistung für eine statistische Auswertung der Daten. Auf Grund dieser Überlegungen und aufbauend auf vorherigen Untersuchungen (SCHÖN et al., 2007) wurden für die Lautanalyse die Lautkomponenten „Muh“ und „Brüll“ als charakteristisch für die Lautäußerung von Jungrindern erfolgreich verwendet.

Die Speicherung der aufgezeichneten Lautsignale in Form von Sonagrammen erlaubte zunächst auf dem Computer einen visuellen Überblick der generellen Signalcharakteristik und Aufnahmequalität und erleichterte das Auffinden von Fremdgeräuschen. Die Laute östrischer Jungrinder klangen beim Abspielen hierbei eher wie ein brüllender Laut, nicht klar und tonal wie bei einem muhenden Laut („Muh“). Zudem repräsentierten diese Sonagramme eine starke Energieverteilung über die einzelnen Frequenzanteile sowie die Zeit, wie auch YEON et al. (2006) bei Sonagrammen östrischer Kühe beobachten konnten. Mit der anschließenden mathematischen Prozedur (Envelope des Cepstrum) konnten die beiden Lautabschnitte identifiziert und sicher klassifiziert werden. Zur Untersuchung von Schallereignissen können rechnergestützte Lautanalysen mittels physikalischer Lautparameter zur Lautdefinition beim Rind eingesetzt werden. Solche automatisch arbeitenden Lutaufnahme- und Lautanalyseysteme sind bisher noch nicht verfügbar. Bis heute existiert kein praxisrelevantes Verfahren zur systematischen Vokalisationserfassung und -analyse beim landwirtschaftlichen Nutztier Rind, dementsprechend hoch ist der Entwicklungs- und Forschungsbedarf. Nach der erfolgreichen Entwicklung eines Systems sollte sich die weitere Forschung diesbezüglich auch auf die Datenerfassungen von einem kommerziellen Milchviehbetrieb stützen und eine umfangreiche Lautdatengrundlage bezüglich verschiedener Kontexte schaffen.

## 6.2 Vokalisation beim Rind

### 6.2.1 Vergleichende Betrachtung des Vokalisationsverhaltens in beiden Haltungssystemen

Das Auftreten von Lautereignissen wurde im Untersuchungszeitraum in Anbindehaltung häufiger (93 % Brunsten) und in durchschnittlich höherer Anzahl ( $7,7 \pm 1,9$  Laute) als in Gruppenhaltung (81 %,  $3,8 \pm 0,9$  Laute) beobachtet. Auch während des Östrus war dies der Fall. Während die Progesteronkonzentration des Blutplasmas kontinuierlich zum Östrus hin absank ( $< 1,0$  ng/ml,  $p < 0,001$ ), konnte gleichzeitig ein Anstieg der Gesamtvokalisation ( $V_{ges}$ ) von der Vorbrunst (d -1) zum Östrus und ein Rückgang der Vokalisation zur Nachbrunst (d +1) um etwa 90 % in beiden Haltungssystemen registriert werden. Für diesen Zeitraum ( $d \leq 0$ ) konnten in beiden Haltungssystemen negative Korrelationen zwischen der  $P_4$ -Konzentration und der Lautanzahl ermittelt werden (Anb  $r = -0,38$ , Gru =  $-0,26$   $p < 0,001$ ).

Die  $P_4$ -Konzentration und die Vokalisation zeigten ein offensichtlich gegensätzliches Verhältnis im Zyklusverlauf. Während in beiden Haltungen am Östrus am häufigsten vokalisiert wird, bestand eine niedrige  $P_4$ -Konzentration. Beim anschließenden Rückgang der Lautgebung stieg die  $P_4$ -Konzentration nach dem zweiten Nachbrunstag wieder an. Dieses Verhältnis war im periöstrischen Zeitraum (d -3 bis +2) nur in Anbindehaltung schwach ausgeprägt ( $r = -0,18$   $p < 0,05$ ). Damit besteht im periöstrischen Bereich eine gute Übereinstimmung mit der von SCHÖN et al. (2007) beschriebenen nicht signifikanten Korrelation ( $r = -0,18$ ,  $p = 0,21$ ).

In Anbindehaltung registrierte die Lautaufnahme am Brunsttag mehr vokale Ereignisse ( $p < 0,001$ ) als in der anderen Haltung (s. Tab. 5.5). Damit waren Probandinnen in der angebundenen Haltung zwar mitteilungsbedürftiger als in der Gruppenhaltung, aber grundsätzlich ähnlich im Zeitverlauf ( $p = 0,13$ ), mit Differenzen an einzelnen Zyklustagen bzw. -phasen zwischen den Haltungssystemen ( $p < 0,05$ ). Ähnliche Resultate erzielten SCHÖN et al. (2006, 2007) in einer Untersuchung mit 10 Jungrindern über 5 periöstrische Tage (-3, -2, -1, 0, 1) nach Brunstauslösung mit  $PGF_{2\alpha}$  in Anbindehaltung. Dort konnte ein Anstieg der Gesamtvokalisation zur Brunst und ein signifikanter Einfluss des Zyklustages auf die Häufigkeit der Vokalisation festgestellt werden (SCHÖN et al., 2007). Die Autoren beobachteten bei den Jungtieren eine hohe Vokalisation zur Vorbrunst und einen nochmaligen Anstieg um 59 % zur Brunst (Anstieg insgesamt um 84 % d -2 zu d 0) sowie einen starken Rückgang der Lautäußerung um 79 % am ersten Nachbrunstag. Die Anzahl

der Laute am Tag 0 lag allerdings mit  $171 \pm 61,5$  Lauten deutlich höher als die mit  $78 \pm 25,9$  Lauten der vorliegenden Untersuchung, was auch darauf zurückzuführen sein kann, dass im Experiment von SCHÖN et al. (2007) nur eine Brunst je Tier untersucht wurde. Leider gibt es bei jener Untersuchung keine Hinweise auf nicht-vokalisierende Jungrinder am Östrus sowie Laute außerhalb der periöstrischen Tage. In der vorliegenden Untersuchung treten Vokalisationsereignisse bei 90 % (Anbindehaltung) resp. 80 % (Gruppenhaltung) der Probandinnen zum visuell festgestellten Brunsttag auf. Für das Auftreten eines Lautereignisses ist der Einfluss des Zyklustages bzw. -phase ( $p < 0,05$ ) ausschlaggebend und nicht die Haltungsform ( $p = 0,51$  bei  $n_{\text{Brunst}} = 20$ ) oder Nummer der Brunst.

Ein Zusammenhang zwischen dem Zyklustag und  $P_4$  bestand generell in beiden Haltungen ( $r = -0,36$  Anb bzw.  $-0,32$  Gru,  $p < 0,01$ ). Der Verlauf der  $P_4$ -Konzentration im peripheren Blut ist aufgrund der mehr oder weniger kontinuierlich sezernierten Abgabe von  $P_4$  aus dem Gelbkörper zyklusabhängig (SCHAMS et al., 1977). Mit dem Einsetzen der Regression des Gelbkörpers kommt es zwischen dem Tag 13 und 19 des Zyklus zu einem täglichen  $P_4$ -Konzentrationsabfall im Blut um etwa  $0,7$  ng/ml (DIAZ et al., 1986). Bis zur Brunst wird eine  $P_4$ -Konzentration unter  $0,5$  ng/ml Blutplasma erreicht (WALKER et al., 1996).

Die gewonnenen Ergebnisse zur Vokalisation bestätigen, dass nur über den Zyklustag die Anzahl der vokalen Äußerung beeinflusst wird ( $p < 0,001$ ). Insbesondere am Brunsttag wurde am häufigsten im Vergleich zu anderen Zyklustagen ( $p < 0,001$ ) in beiden Haltungen vokalisiert. Damit liegt die Schlussfolgerung nahe, dass nur der brunstnahe Zeitraum mit der besonderen hormonellen Konstellation der endogenen Luteolyse des  $P_4$  sowie dem Anstieg von  $E_2$  für eine Steigerung der vokalen Kommunikation beim Jungtier ausschlaggebend ist. In der restlichen Zykluszeit blieb die Vokalisation auf niedrigem Niveau, mit Lautäußerungen verteilt auf vereinzelte Probandinnen beider Haltungen.

In beiden Haltungen wurde der Einfluss des Östrus auf die Beziehungen mit der Vokalisation sichtbar, die außerhalb einer Brunst ( $d < 0$ ) lediglich in Gruppenhaltung zwischen  $E_2$  und der Lautanzahl zu bestehen schienen ( $r = 0,35$ ,  $p < 0,001$ ). Über mögliche Zusammenhänge und den Einfluss des  $E_2$  auf die Lautgebung kann nur spekuliert werden, da hierfür die gefassten Probennahmeintervalle nicht aussagekräftig genug sind. Im Zeitraum vor und inklusive einer Brunst ( $d \leq d_0$ ) stieg die Lautanzahl signifikant mit steigenden  $E_2$ -Konzentrationen ( $r = 0,36$   $p < 0,001$ ) an. In diesem Zusammenhang fanden LEONG et al. (2003) Hinweise zur Vokalisation als Strategie im Fruchtbarkeitsregime bei weiblichen zyklischen Elefanten. Auftretende Differenzen

zwischen der Vokalisationshäufigkeit und dem Verhalten zwischen zwei Follikelreifungswellen hingen von der unterschiedlichen Östradiolkonzentration während der zwei Phasen ab. Die Autoren verweisen dennoch auf den noch nicht genau geklärten Zusammenhang zwischen Follikelaktivität und Brunstverhalten. Demzufolge können auch die Einflüsse des Östrogens auf das Brunstverhalten bei Elefanten nicht determiniert werden. Dies bestätigen auch die vorliegenden Korrelationen zwischen P<sub>4</sub> bzw. E<sub>2</sub> und der Vokalisation, die hinsichtlich eines Zusammenhanges weiterer Untersuchungen bedürfen.

#### *Vokalisation während des periöstrischen Zeitraums und Interöstrus*

Anhand der gewonnenen Ergebnisse aus beiden Haltungssystemen sind große inter- und intraindividuelle Unterschiede in den Lautäußerungen im gesamten Untersuchungszeitraum festzustellen. Am Brunsttag lag die interindividuelle Lautanzahl in Anbindehaltung zwischen 0 und  $304 \pm 206,9$  Lauten (min. 0 und max. 717 Laute) sowie 0 und  $62,3 \pm 43,1$  (min. 1 und max. 272 Laute) in Gruppenhaltung. Interessanterweise vokalisiert 80 % derselben Probandinnen im jeweils anderen Haltungssystem während des Brunsttages, wobei ein und dasselbe Jungtier hinsichtlich der vokalen Äußerung äußerst variabel reagiert. Am Östrus ist die Variation intraindividuell mit einer Spannbreite zwischen beispielsweise 72 und 717 (Anb) und zwischen 0 und 145 Lauten (Gru) erheblich. Diese große interindividuelle Schwankungsbreite der Vokalisation bei weiblichen Jungrindern bestätigen auch Aussagen von SCHÖN et al. (2006) in Anbindehaltung.

Am häufigsten wurden vokalisationslose Brunstperioden in Gruppenhaltung beobachtet. Außerhalb des Brunstzeitraumes traten kaum Lautereignisse der Jungtiere auf. YEON et al. (2006) stellten auch bei koreanischen Fleischrindern fest, dass nicht östrische Kühe selten vokalisiert und nur häufiger, wenn sie in Erwartung des Futters waren. Jedoch sind in jener Untersuchung Lautaufnahmen östrischer Tiere nur innerhalb eines kurzen Zeitraumes (0:00 bis 7:00 Uhr) vorgenommen worden, da zu dieser Zeit die Tiere häufiger vokalisiert (YEON et al., 2006). Sicherlich kann auch ein Rasseinfluss bei der Lautgebung nicht ausgeschlossen werden. Während des Brunsttages treten vokale Ereignisse in beiden Haltungssystemen mit 91 % resp. 98 % der Gesamtvokalisation gleichmäßig über den Tag (6:00 bis 21:00 Uhr) auf, vor allem vormittags und nachmittags, nachts dagegen kaum. Dies zeigt, dass die Jungtiere auf Personal oder Bewirtschaftungsperioden deutlich reagierten, mehr als bei absoluter Stille im Stall. Gegenteiliges bemerkte HÄMEL (2009) bei Jungrindern, da die Brunstvokalisation eher zu Zeiten der Ruhe im Stall auftrat, als bei zweimal täglich durchgeführter visueller



Brunstkontrolle. Es sollte angemerkt werden, dass die routinemäßige Erfassung von Lauten nicht zum Standardprotokoll einer visuellen Brunstbeobachtung zählt.

Welchen inneren emotionalen Zuständen und/oder äußeren Bedingungen das vokale Verhalten des Jungrindes unterliegt und welche hormonellen Mediatoren für den Anstieg in der Vokalisation verantwortlich sein könnten, kann hier nicht abschließend beantwortet werden. Diese Thematik sollte u.a. Gegenstand weiterer Untersuchungen sein, um die gewonnenen Ergebnisse auf diesem Gebiet zu untermauern und die dahinter stehenden physiologischen Mechanismen zu determinieren.

#### *Weitere Lautparameter*

In den Untersuchungen bezüglich des Vokalrepertoires von Rindern entsprachen die Vokalisationen keiner klar abgrenzbaren Existenz (KILEY, 1972). Sie waren weder situations- noch bedeutungsspezifisch, sondern stellten eher ein Kontinuum verschiedener Laute dar, die in unterschiedlichsten Fällen in Abhängigkeit des Erregungsstatus des Tieres mit genereller Bedeutung abgegeben wurden. In den vorliegenden Untersuchungen konnten viele Laute mit einem erhöhten Brüllanteil auch außerhalb der periöstrischen Phase und die meisten Laute auch in verschiedenen anderen Situationen beobachtet werden. Ähnlich wie bei KILEY (1972) waren beispielsweise Laute mit niedriger Amplitude und kurzer Dauer eher während ruhiger Tätigkeiten, wie Stehen, beobachtet worden, wohingegen die Amplitude und Dauer der Laute bei Perioden erhöhter Erregbarkeit anstieg (Brunst, Fremde im Stall, Rangelei mit dem Kopf, Isolierung von den anderen). Es wurden unterschiedliche Längen eines Lautes und Wiederholungsfrequenzen beobachtet. Während des Östrus stieg die Vokalisation tierindividuell auf bis zu 124 Laute·h<sup>-1</sup> in Anbindehaltung resp. 83 Laute·h<sup>-1</sup> in Gruppenhaltung. Damit liegt die individuelle Vokalisation zwischen 39 und 200 Lauten·h<sup>-1</sup> aus Untersuchungen von YEONG et al. (2006) sowie HÄMEL (2009). PHILLIPS (2002) Vermutung wird somit bestätigt, dass Tiere in einem erregten Zustand, wahrscheinlich öfter Laute wiederholen. Leider sind solche quantitativen Untersuchungen bei Rindern im Östrus bis auf zwei oben genannte Ausnahmen noch nicht durchgeführt worden. Eine qualitative Berechnung der Lautdauer (in s) ist bis auf die Auflistung der Lautdauer der Einzelvokalisationen nicht explizit für eine weiterführende Lautanalyse berechnet worden. Einige Autoren sehen darin keine eindeutige Aussage, da sich beispielsweise die Dauer bei Kälberlauten zu verschiedenen Lebensstagszeiten unwesentlich unterscheidet (LAUBE et al., 1988; WEARY & CHUA, 2000).

## 6.2.2 Vergleich der harmonischen und disharmonischen Lautabschnitte an der Gesamtvokalisation beider Haltungssysteme

### *Muheinheiten und Brüllleinheiten*

Die zwei unterschiedlichen Lautabschnitte in den untersuchten Lautaufnahmen der Probandinnen wurden wie die Gesamtvokalisation nur vom Zyklustag bzw. -phase beeinflusst ( $p < 0,001$ ). Beide Merkmale waren am Brunsttag am häufigsten im Vergleich zu anderen Zyklustagen vorhanden ( $p < 0,001$ ). Über den gesamten Untersuchungszeitraum korrelierte die Lautanzahl erwartungsgemäß mit den Lautkomponenten Muh und Brüll in beiden Haltungen. Ähnlich stark wie die Vokalisation stiegen somit generell auch die harmonischen und disharmonischen Anteile ( $r = 0,9$   $p < 0,05$ ) an. Am Brunsttag wurden in Anbindehaltung höhere Werte für Brüllleinheiten in den Lauten als bei den in Gruppe gehaltenen Jungtieren erreicht ( $p < 0,001$ ), für das harmonische Merkmal galt dies nicht ( $p = 0,34$ ). Ebenso auffällig waren in Gruppenhaltung im Gegensatz zur Anbindehaltung zu fast allen Zyklusphasen die höheren harmonischen Merkmalseinheiten gegenüber den disharmonischen vertreten (Anhang Tab. A 3). Dagegen lagen mittlere Werte der disharmonischen Merkmalseinheiten in Gruppenhaltung im periöstrischen Zeitraum („proOe“, Östrus, „postOe“) unterhalb denen der Anbindehaltung (Anhang Tab. A 4).

### *Disharmonischer Lautanteil am Gesamtlaut*

Im Hinblick auf die Hypothese der Änderung in der Lautstruktur wird nachfolgend die interessante Beziehung des prozentualen Brüllanteils an der Gesamtvokalisation beim Auftreten von Lauten während des Zyklusverlaufs und vergleichend zwischen den Haltungen diskutiert.

Prinzipiell korrelierten erwartungsgemäß steigende Vokalisationen in beiden Haltungssystemen stark mit dem Brüllanteil am Gesamtlaut ( $r = 0,9$   $p < 0,001$ ). In Anbindehaltung wurden im periöstrischen Zeitraum höhere Werte disharmonischer Anteile am Gesamtlaut erreicht als in Gruppenhaltung (Anhang Tab. A 5). Grundsätzlich hatten auf den relativen Brüllanteil (%) weder die Variablen Haltung ( $p = 0,33$ ), Zyklustag bzw. -phase ( $p = 0,45$ ) noch Wechselbeziehungen des Haltungssystems mit der Zyklusphase ( $p = 0,44$ ) einen Einfluss. Jedoch wiesen folgende Zyklusphasen untereinander Differenzen in den Brüllanteilen am Gesamtlaut auf ( $p < 0,05$ ):

- In Anbindehaltung war der Brüllanteil am Östrus höher als im Interöstrus-„nach“ und im „postOe“ höher als im Interöstrus-„nach“ sowie im Interöstrus-„nach“ niedriger als im Interöstrus vor einer Brunst.
- In Gruppenhaltung war der Anteil am Östrus höher als im „proOe“, im „proOe“ niedriger als im „postOe“ und im Interöstrus-„nach“, und im Interöstrus-„nach“ höher als im Interöstrus vor einer Brunst.

Die Resultate in Anbindehaltung bestätigen die von SCHÖN et al. (2007), die steigende Werte disharmonischer Lautabschnitte von der Vorbrunst zum Östrus (max. 55 %) und einen Rückgang zum postöstrischen Folgetag (39 %,  $p < 0,05$ ) feststellten. In den vorliegenden Ergebnisse liegt zwar der Brüllanteil zum Östrus der Anbindehaltung ähnlich wie bei SCHÖN et al. (2007), zeigt aber mit 54 % den höchsten Wert im „postOe“ und sinkt danach auf 44 % ab. Möglicherweise hängt dies mit der Zuordnung zusammen, da bei einigen Probandinnen visuell erst spät abends die Brunst beobachtet wurde, während die Vokalisation bis in den kommenden Tag ( $d + 1$ ) anhielt. Als tatsächlicher  $d 0$  aber wurde der Tag mit dem Beginn der visuell festgestellten Brunst bestimmt. In der Gruppenhaltung stiegen die Werte der Brüllanteile am Laut von der Vorbrunst zum Östrus von 40,9 % auf 47,5 % ( $p < 0,05$ ) und blieben auf dem Niveau in der anschließenden Interöstrusphase (s. Tab A 5). Generell war nur in Gruppenhaltung zwischen dem Brüllanteil und der  $E_2$ -Konzentration ( $p < 0,01$ ) ein schwacher Zusammenhang erkennbar. Für einen Zeitraum ( $d \leq 0$ ) war in beiden Haltungen mit  $P_4$  eine negative ( $p < 0,05$ ) und nur in Gruppenhaltung mit  $E_2$  eine positive Korrelation gegeben ( $p < 0,001$ ). Dabei zeigte sich der Einfluss des Östrus auf die Korrelationen in beiden Haltungen sehr deutlich. Denn außerhalb einer Brunst ( $d < 0$  bzw.  $> 0$ ) bestand nur noch eine positive Beziehung zwischen der Vokalisation und dem disharmonischen Lautanteil ( $Brüll_{rel} = 0,9$   $p < 0,05$ ). Lediglich in Gruppenhaltung schien dagegen im Zeitraum vor  $d 0$  ( $d < 0$ ) ein positiver Zusammenhang zwischen  $E_2$  und dem Brüllanteil ( $r = 0,35$   $p < 0,05$ ) zu bestehen. Der Brüllanteil zeigte eine leicht positive Tendenz mit steigender  $E_2$ -Konzentration. Die dargelegten Ergebnisse bestätigen allerdings vor allem zwischen  $P_4$  bzw.  $E_2$  und den Lautkomponenten schwache Zusammenhänge, die kaum interpretierbar sind und weiterer Klärung bedürfen.

Interessanterweise erhöhte sich am Brunsttag geringfügig der disharmonische Anteil bei den angebondenen gegenüber den sich frei bewegenden Jungtieren ( $p = 0,10$ ), der sich schon bei den Brülleinheiten andeutete. Die Unterschiede in der disharmonischen Lautstruktur insbesondere am Östrus könnten einen Zusammenhang der Haltung zwischen angebondenen gegenüber sich frei bewegenden Probandinnen aufzeigen.

Möglicherweise geben diese Ergebnisse trotz individuell verschiedener Reaktionen auf unterschiedliche Management- und Umweltbedingungen Hinweise eines Einflusses auf das vokale Verhalten angebundener Jungrinder.

### **6.2.3 Charakterisierung akustischer Signale im sexuellen Kontext und weitere Aspekte vokalen Verhaltens**

Rinder sind hoch entwickelte, sozial lebende Säugetiere, insofern bei dieser Tierart eine komplexe Kommunikation vorausgesetzt und erwartet werden kann. TEMBROCK (1984) gibt bei der Betrachtung der akustischen Signale im Dienst des Sexualverhaltens bei Säugetieren zu bedenken, dass Laute verschiedene Bedeutung haben können und nicht nur in diesem Funktionskreis auftreten. Bei Rindern sind viele der visuellen, taktilen, auditiven sowie olfaktorischen Signale nicht auf einen Übertragungskanal alleine beschränkt. Es ist durch die aktive Innervation bei dieser Tiergruppe der Fall relativ selten, dass ein uni-modaler Signalweg, d.h. beispielsweise nur die Vokalisation allein ein bestimmtes Verhalten auslösen kann (TEMBROCK, 1982). In den oftmals komplexen Verhaltensweisen zwischen den Fortpflanzungspartnern werden verschiedene Signalmodalitäten kombiniert eingesetzt (TEMBROCK, 1982; DRICKAMER et al., 2001). Im Falle des Paarungsverhaltens sind dies im Distanzfeld vor allem die visuelle und akustische, aber auch die chemische Komponente, im Nahfeld überwiegend Sichtsignale und im Kontaktfeld schließlich vorrangig chemische und taktile Komponenten (TEMBROCK, 1984; BOGNER & GRAUVOGL, 1984). TEMBROCK (1982) schließt dabei jedoch nicht aus, dass gerade im Sexualverhalten die Lautäußerung eine wichtige Komponente der Kommunikation darstellt. Nach Aussage des Autors haben zahlreiche Untersuchungen für die Säugetiere den Einsatz akustischer Signale in der Bildung von Partnerschaften nachgewiesen. Ausgehend von der Annahme, dass der biologische Hintergrund des Einsatzes der Vokalisation der Partnersuche dienen soll, muss der Geschlechtspartner individuell unterschieden werden. Die Lautäußerung hat sich in diesem Fall nach Meinung von TEMBROCK (1984) in Bezug auf Frequenzstruktur, Zeitmuster und andere Parameter so differenziert, dass die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Tiere der Art darin völlig übereinstimmen äußerst gering ist. Dies kann auch mit der großen interindividuellen Varianz der Untersuchungsergebnisse zur Lautanzahl in dieser Arbeit bestätigt werden. Eine quantitative Veränderung der Vokalisation während der Brunst ist aus der Erfahrung in der praktischen Rinderhaltung bekannt. In der entsprechenden Literatur wird auf Vokalisationen von Rindern während der Brunst

hingewiesen (BUSCH, 1989; FRENCH et al., 1989; GRUNERT, 1999). WATTS & STOOKEY (2000) hielten es für möglich, dass Laute bei adulten Tieren Informationen über die reproduktive Fitness bzw. den Zyklusstand enthalten. Ob diese während des Östrus besonders in Form oder Häufigkeit verschieden sind und vermutlich Bullen anlocken sollen (PHILIPPS, 2002) bleibt zunächst unerforscht. In der verfügbaren Literatur, die diese Problematik betrifft, fanden sich nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit der Vokalisation beim weiblichen Rind in Zusammenhang mit dem Sexualzyklus beschäftigen (SCHÖN et al., 2007; HÄMEL, 2009) bzw. neben anderen Untersuchungsparameter erwähnten (JAHNS et al., 1997, 2006; YEON, 2006). Laute werden in vielen Spezies hauptsächlich in der fruchtbarsten Phase des Zyklus, der Paarung um die Tage der Ovulation herum geäußert. Viele Tiere vokalisieren bestimmte Laute nur während der Paarungszeit mit speziellen vokalen Charakteristiken (Rind *B. taurus*: JAHNS et al., 1997), (Rotwild *C. elaphus*: REBY & MCCOMB, 2003; REBY et al., 2010), (japanischer Makake *M. fuscata*: ITANI, 1963), (Berberaffe *M. sylvanus*: SEMPLE & MCCOMB, 2000) und zeigen hiermit ihren emotionalen Status an. Bei einigen Säugetierarten gibt es Hinweise darauf, dass Laute weiblicher Tiere Informationen über den Sexualzyklus enthalten. Kopulationslaute von weiblichen Tieren kurz vor, während oder gleich nach der Kopulation geäußert, sind beispielsweise weit verbreitet unter Primaten (SEMPLE, 1998; HAUSER, 2000). ITANI (1963) klassifizierte Laute japanischer Makaken und stellte u.a. eine Lautgruppe zusammen, die von Weibchen speziell während des Östrus geäußert wurden. In Replay-Experimenten zeigte sich, dass männliche Berberaffen (SEMPLE & MCCOMB, 2000) sowie Paviane (*P. cynocephalus*: SEMPLE, 2001) in der Lage waren, den Status des Sexualzyklus weiblicher Tiere über Paarungslaute zu differenzieren. Auch bei der Frau fanden BRYANT & HASELTON (2009) spezifische Unterschiede zwischen der Stimme (pitch) in der Follikular- und der in der Lutealphase. TEMBROCK (1982) kennzeichnete rhythmische Lautfolgen, die unmittelbar vor der Begattung geäußert wurden u.a. bei Rindern und Pferden sowie FOSSEY (1972) bei Gorillas. Bei wilden Elefanten beobachteten LANGBAUER (1991, 2000) und POOLE (1987, 1999) während der Brunst so genannte postkopulatorische Laute, Brunstlaute genannt. LEONG et al. (2003) konnten keine eindeutig der Brunst (Follikelphase) zugeordneten Laute, aber einen Anstieg der Vokalisationshäufigkeit (Vokalisationsrate) beobachten, wenn mehrere weibliche Elefanten sich in der Ovulationsphase befanden. In dieser Studie wurde auch von einer Veränderung in der Struktur der Laute während des Sexualzyklus von Elefanten berichtet. Obwohl dies zeigte, dass weibliche Laute in Beziehung zum Sexualstadium stehen, schienen die Laute nicht direkt an einen Bullen

gerichtet, sondern stattdessen Ausdruck einer sozialen Dynamik weiblicher Interaktionen in der Gruppe zu sein. Im Folgenden wird über brunstbedingte Laute verschiedener Rinderartige anhand von Literaturangaben ein kurzer Überblick in Tabelle 6.1 gewährt.

Tab. 6.1: Vokale Kommunikation im sexuellen Kontext verschiedener Rinderarten (Bovini) aus Literaturangaben

Art/ Rasse	Laute	Kontextbeschreibung	Autor (Jahr)
<b>Asiatische Büffel</b> ( <i>Wasserbüffel</i> , <i>Bubalus bubalis</i> )			
Surti	Brüllen	Östrus, Jungtiere (24 - 51 %) Muttertiere (69 %), 25 % Tiere	RAO & KODAGALI (1983), GILL et al. (1973b), DANELL (1987)
Nili-Ravi	Brüllen	Östrus, Jungtiere (8 %)	KAZIMI (1983)
Murrah	Brüllen	Östrus, Jungtiere fortlaufend (59 %), selten (22 %), wechselnde Tonhöhe	SINGH et al. (1984)
	Brüllen (Dauer 9 h ± 1 h)	multipare Tiere (25 - 60 %), 16 - 44 h vor Ovulation	MOHAN & PRAKASH (2009), MOHAN et al. (2010)
<b>Afrikanischer Büffel</b> ( <i>Syncerus caffer</i> )			
	sexueller Demutlaut*	weiches, leises Grunzen (Subdominanzhaltung)	KNECHTEL (1993)
	„Knurren“ **	leise	KNECHTEL (1993)
	agonistischer Demutlaut***	hartes, lautes Grunzen (Subdominanzhaltung)	KNECHTEL (1993)
<b>Eigentliche Rinder</b> ( <i>Bos</i> )			
Gaur ( <i>B. gaurus</i> )	Laut	Pfeifend, dünn, winselnd (Bulle in Brunft)	BRANDNER (1933) <sup>1</sup> , PEACOCK (1923) <sup>1</sup>
	u-u-u-u-Laut (1- 3 s, sehr frequent)	klar, resonant, konstante Tonhöhe oder leicht ansteigend oder abfallend	SCHALLER (1967)
Rind	(M)enh- Laut	zwischen östrischer Kuh und Bulle	KILEY (1972)
<b>Bison</b> ( <i>Bison</i> )			
Amerikanischer Bison	Brunstlaut	bei östrischen Tieren (Bulle in Brunft)	MCHUGH (1958)

<sup>1</sup> in SCHALLER (1967)

\* Kuh/Kuh \*\* Kuh/Bulle; Bulle/Kuh; Kuh/subadult, Bulle (räumlich separiert); Kuh/Nicht-Artgenosse (Katze, Pferd, Beobachter) \*\*\* Kuh/ Bulle

Auch bei Wildrindern ist wenig über vokale Kommunikationsformen bekannt und es liegen wenige Untersuchungen zur Äußerung im sexuellen Kontext vor. MLOSZEWSKI (1983) fand bei Büffeln (*Syncerus caffer*) verschiedene ähnliche Laute wie die des domestizierten Rindes, mit einer geringeren Tonhöhe. Alles in allem vokalisiert der Büffel deutlich weniger als das Rind und wenn, nur im Schutz der Herde und beschränkt auf wenige Individuen höheren Ranges. Von SINCLAIR (1977) wurden Laute erwähnt, aber nicht näher beschrieben und MLOSZEWSKI (1983) gab Auskunft über verschiedene Lauttypen ohne einen Zusammenhang zum Sexualverhalten. Beim Afrikanischen Büffel oder Kaffernbüffel (*Syncerus caffer*) in Gefangenschaft erfasste KNECHTEL (1993) drei Lauttypen die im sexuellen Kontext geäußert wurden. Diese traten während der Vor-, Haupt- und Nachbrunst auf und waren hauptsächlich von der sozialen Stellung der brünstigen Kuh und dem Bullen abhängig (Tab. 6.1). Der überwiegende Anteil (67%) der Vokalisationen entfiel auf den sexuellen Demutslaut des weichen leisen Grunzens sowie des leisen „Knurrens“ (24 %). Dabei spielte zwischen den Kühen die soziale Rangstellung eine wichtige Rolle. DANELL (1987) stellte heraus, dass neben anderen Brunstsymptomen, wie Vulvaschwellung und Schleimabsonderung, ein Viertel aller Wasserbüffeljungtiere frequentes Muhen während der Brunst äußerten.

In der vorliegenden Untersuchung konnte am Brunsttag ein Zusammenhang zwischen der Lautanzahl und dem *Duldungsreflex* nur tendenziell bestätigt werden ( $r = -0,33$   $p = 0,09$ ). Dieses würde bedeuten, dass mit einer höheren Vokalisation am Brunsttag eine geringere Neigung zur Duldung der Tiere einhergeht. SINGH et al. (1984) konnten bei jungen Wasserbüffeln die Beobachtung machen, dass bei höchster Brunstintensität (unruhig, nervös, fortwährendes Brüllen) kein Tier Aufsprungversuche startete und nicht auf Massagen des Lendenbereiches reagierte.

Als ein Ergebnis dieser Arbeit ist die praxisrelevante Aussage zur Nutzung der Vokalisation als einen Parameter für die Erkennung der Brunst beim Milchrind in Anbindehaltung zu sehen. Wenn auch das Wissen über eine dahinter stehende Funktion dieser Vokalisation bislang unzureichend ist und keine spezielle Bedeutung der Einzellaute ermittelt wurde, kann mit dieser Arbeit festgestellt werden, dass weibliche Rinder über vokale Kommunikation während des Östrus verfügen. Untersuchungen über die Wirkung bestimmter Lautformen im Sexualverhalten fehlen noch weitgehend. So stellt TEMBROCK (1982) zwar heraus, „dass viele Säugetiere über Lautäußerungen verfügen, die bei der Paarbildung geäußert werden, (...) und dass es auch geschlechtsspezifische Lautäußerungen gibt, dass aber über die spezielle Funktion dieser Laute unser Wissen noch sehr unvollkommen ist.“

### Weitere Aspekte vokalen Verhaltens

Lautäußerungen einer Tierart können für TEMBROCK (1982) einmal „intraindividuell“ ähnlich (simultan) sowie altersspezifisch als auch „interindividuell“ alters- und sexualspezifisch sowie anderweitig variieren. Darüber hinaus kann eine geografische Variabilität („Dialekt“) auftreten, die sich beispielsweise bei einer in verschiedenen territorialen Gebieten Europas und Nordamerikas vorkommenden Hirschart (*C. elaphus*) in eindrucksvollen Unterschieden in der Stimmlage bemerkbar macht. Ein Beispiel für intraindividuelle (simultane) Variation sind zwei Strophenanfänge eines Individuums vom Gartenrotschwanz, der im allgemeinen zu Beginn einen Langlaut äußert (etwa 4 kHz) und dessen Variation erst in den darauf folgenden Lauteinheiten auftritt (TEMBROCK, 1982). Der Laut eines Tieres verändert sich im Laufe der Ontogenese (altersspezifisch). Mit dem Alter erfolgt beim wachsenden Menschen ein „Stimmwechsel“, der hormonal durch eine Veränderung des Lautapparates (Verlängerung der Stimmbänder) bedingt ist. LAUBE et al. (1988) untersuchten Stimmföhlungs-laute beim Kalb im Verlauf der Lautontogenese (10., 21., 82. und 109. Lebenstag), wobei die Gesamtenergiewerte der Frequenzen als ein Indiz für die altersabhängige Entwicklung des Stimmapparates erst mit zunehmendem Alter anstiegen. Generell gilt, dass die Tonhöhe durch die Lage, Masse und Länge der Stimmbänder, also durch die Anatomie des Artikulationsapparates vorgegeben wird und diese häufig mit dem Körpergewicht zusammenhängt, was zusätzlich auch noch für die Frequenzeigenschaften der Resonanzräume gilt (TEMBROCK, 1996, FITCH, 1994, 2006; MCCOMB & REBY, 2009). Deshalb produzieren kleinere Tiere höhere Tonhöhenbezogene Laute als größere Tiere (Maus vs. Elefant). Allgemein ist in vielen Spezies die Tonhöhe bei juvenilen höher als bei adulten weiblichen Tieren, die wiederum höher ist als bei adulten männlichen Individuen. Trotzdem gibt es bei vielen Säugetierarten innerhalb einer Spezies keinen Zusammenhang zwischen der Tonhöhe und dem Körpergewicht bei Individuen eines Geschlechtes oder Alters (MCCOMB & REBY, 2009). Im Gegenteil, die jeweilige Tonhöhe (Stimmhöhe) kann in geschlechtsspezifischen und individuellen Grenzen (ECKEL, 1976; MCCOMB & REBY, 2009) variiert werden. Unter der Voraussetzung der eigenständigen Modulation des Vokaltraktes, kann diese Tonhöhenvariation möglicherweise Informationen über den emotionalen oder motivationalen Status des Tieres verschlüsseln (FITCH, 2006; LEHMANN, 2007). Allgemein kann über den emotionalen Status auch die Stellung eines Individuums innerhalb einer Gruppe auf das Lautergebnis einwirken, wie scheint teilweise noch nicht ganz geklärt. So nimmt TEMBROCK (1982) an, dass überwiegend tiefere Frequenzen bei ranghöheren Individuen sowie überwiegend höhere Frequenzen bei unterlegendem



(subdominanten) Status vorliegen. Demgegenüber wiesen HALL et al. (1988) und PHILLIPS (2002) auf die Freiheit eines ranghöheren Individuums hin, für sich höhere Tonhöhen zu reservieren. Negativer Stress beeinflusst eine Reihe von Lautveränderungen, die insbesondere mit einer ansteigenden und instabilen Grundfrequenz einhergehen (MCCOMB & REBY, 2009). So registrierte HINDE (1964) in Untersuchungen bei völlig erschöpften unterlegenen Rhesusaffen extrem hohe (4 kHz) Frequenzen und WATTS & STOOKEY (1999) höhere Frequenzen bei gebrandmarkten Kälbern gegenüber nicht gebrandmarkten Kälbern.

Interindividuelle altersspezifische Variationen in Lautäußerungen könnten ein Faktor sein, bei der z.B. das weibliche Tier an bestimmten Eigenschaften des Lautes ein optimales Fortpflanzungsalter des männlichen Partners erkennt (TEMBROCK, 1982).

Interindividuelle geschlechtsspezifische Variationen in Lautäußerungen, z. B. das Krähen des Hahnes bei vielen Hühnervögeln, sind durch den Bau des Lautapparates und den Einfluss der Körpermaße der Geschlechter gekennzeichnet (TEMBROCK, 1982). Unterschiede der Lautäußerung zwischen den Individuen (anderweitige interindividuelle Variabilität), die weder alters-, noch geschlechtsspezifisch bedingt sind, können für die Individualerkennung bedeutend sein. Darunter fallen speziell entwickelte Lautfolgen oder -längen, wobei das artspezifische Lautmuster erhalten bleibt. Hinzu kommt u.a. bei Säugetieren, dass jede individuelle „Lautstimme“ einen eigens gefärbten Klangcharakter aufweisen kann, so dass schon die Klangfarbe ein spezielles Individuum kennzeichnen kann (TEMBROCK, 1982). So können weibliche afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana*) beispielsweise bis zu 100 Individuen einer bekannten Gruppe anhand der Laute wieder erkennen (MCCOMB et al., 2000). Ferner deuten Untersuchungen von HINCH et al. (1982) bei Bullenlauten auf die Möglichkeit, dass individuelle Lautmuster mit einer bevorzugten Tageszeit (zirkadianer Einfluss) gekoppelt werden können, in diesem Falle war die Ruhhäufigkeit morgens und nachmittags am höchsten. Auch ein saisonaler Einfluss auf die Lautäußerung wurde von einigen Autoren untersucht, beispielsweise vokalisiert Bullen eher im Frühjahr und Sommer (HINCH et al., 1982) und Kühe eher im Winter (HALL et al., 1988). Besonders Bullen vokalisieren, wenn andere Herdenmitglieder in der Nähe sind, eventuell auch um andere Bullen zu beeindrucken oder fremden Personen auf der Weide zu drohen (BOGNER & GRAUVOGL, 1984; PHILLIPS, 2002).

Das akustische Ausdrucksverhalten ist jedoch nicht nur zur Kenntnis einer Komponente des Verhaltensinventars von Rindern bedeutungsvoll, sondern ist auch für die Optimierung von Prozessen in der Nutztierhaltung von praktischem Interesse. Es lässt möglicherweise eine Lenkung bzw. Steuerung der Raum- und Zeitmuster von Tieren zu, wie

beispielsweise Locken, Trifftregulierung, Treiben oder Setzen von Lauten als Zeitsignale im tagesrhythmischen Verlauf oder für Zeitdressuren in Haltungssystemen (LIEBENBERG et al., 1977; LAUBE et al., 1988). Es vermittelt darüber hinaus wichtige Hinweise und Informationen über das Wohlbefinden (GRANDIN, 1998, 2001; WATTS & STOOKEY, 2000). BOGNER & GRAUVOGL (1984) stellten dem Landwirt insbesondere für die Haltung von Rindern wichtige Hinweise zusammen, die aus der Vokalisation nach der Untersuchung verhaltensbezogener Stimmlaute von SCHLOETH (1961) entnommen werden können: z. B. ob Hunger, Durst oder in sonstiger Hinsicht Unmutsbekundungen vorlagen, ein Kontaktbedürfnis zu Artgenossen bestand, die Tiere sich im Östrus befanden, erschrocken waren oder Schmerzen empfanden, erregt waren, weil u. a. eine ungewohnte Situation bestand. Jeder Situation entspricht nach BOGNER & GRAUVOGL (1984) einer vokalen Äußerung bestimmter Höhe, Intensität, Länge und Klangfarbe. Beispielsweise ertönte das Muhen bei einem sich nähernden Mitglied der Herde oder einer fremden Person, in Gefahr oder bei der Isolation sowie bei der Brunst, darüber hinaus gibt es das gegenseitige Muhen des Kalbes und der Mutter und der spielenden Kälber.

Eine funktionelle bedeutungsgebende Interpretation von Beobachtungen bei Rinderlauten ist wie oben angedeutet schwierig, da sie oft in Verbindung mit anderen Signalen, wie beispielsweise der Körperhaltung stattfinden. Zusätzlich erschwerend kommt bei Rindern das Imitieren oder „anstecken“ (BUSCH, 1989) von Verhaltensweisen hinzu, wie auch bei der Vokalisation (HALL et al., 1988, KILEY, 1972). Die eigenen Beobachtungen bestätigen die Aussage von KILEY (1972), indem der beste Stimulus eine Vokalisation zu provozieren eine Vokalisation anderer Tiere ist.

Es wird angeraten, das Vokalverhalten von Rindern als einen potentiell brauchbaren Indikator für den physiologischen und psychologischen Zustand des Tieres zu nutzen (WATTS & STOOKEY, 1999, 2000; GRANDIN, 2001). WATTS & STOOKEY (2000) verwiesen darauf, dass viele Aspekte der kommunikativen Funktion der Laute sowie deren endogenen und exogenen Ursachen noch schlecht verstanden werden und dass zudem eine beträchtliche individuelle Variabilität besteht. Die Autoren gehen davon aus, dass die Vokalisation neben Informationen über den Status des Sexualzyklus auch solche über das Alter, das Geschlecht sowie den Dominanzstatus enthalten.

### **6.3 Vergleichende Betrachtung der Verhaltensparameter im periöstrischen Zeitraum und Interöstrus**

#### **6.3.1 Individuelle Verhaltensweisen und Zykluslänge**

Insgesamt über alle Tiere und Brunstperioden betrachtet stimmt die Zykluslänge von durchschnittlich 22,0 d gut mit anderen Studien überein (TRIMBERGER, 1956; GRUNERT, 1999). Die meisten Probanden (60 %) hatten in der Anbindehaltung in Übereinstimmung mit Untersuchungen von TRIMBERGER & HANSEL (1955) die am häufigsten vorkommende Zykluslänge von 21 d, während in Gruppenhaltung knapp die Hälfte der Tiere (45,5 %) nach 20 d wieder brünstig wurde. Jüngere Untersuchungen von WILTBANK et al. (2006) ermittelten eine Zykluslänge von  $22 \pm 0,4$  d für Jungrinder und  $22,9 \pm 0,7$  d für laktierende Kühe.

In Anbindehaltung beobachteten DUCROT et al. (1999) bei Milchkühen nach der Kalbung ein verlängertes Intervall bis zur Wiederaufnahme der ersten Brunst. RANASINGHE et al. (2011) sprachen von einem verlängerten Zyklus p.p. wenn das Intervall der Lutealphase bei einer P<sub>4</sub>-Konzentration  $\geq 5$  mg/ml Milch mit  $\geq 20$  d normaler Zyklen überschritten wird. Ergebnisse von GILBERT et al. (1989) bei Jungtieren (Färsen) zeigten eine Zykluslänge von durchschnittlich  $20,2 \pm 0,56$  ( $\pm$  SEM). BOSTEDT (2003) verwies auf einen unregelmäßig gesteuerten Sexualzyklus, wenn Brunstabstände unter 19 oder über 23 Tagen lagen. Diese Aussage kann nicht vollständig geteilt werden, da bei den klinisch gesunden Jungtieren der vorliegenden Arbeit Zykluslängen mit mehr als 23 d beobachtet wurden. Ob dabei eventuell die längere Zyklusdauer auf einer mehrwelligen Follikelreifung (KANITZ et al., 2003) beruhte, kann hier nicht geklärt werden.

### *Individuelle Verhaltensweisen*

BUSCH (2004) beschrieb das Imponierverhalten während der Brunst (Durchbiegen des Rückens, deutliches Ohrenspiel, leicht erhöhte Schwanzhaltung) bei dem „sich die Tiere regelrecht anbieten“ und stellte beim Sexualtrieb Verhaltensreaktionen wie Erkundung, Aggression, Bewegung, Suche, Annäherung, Aufsprung und Endhandlung fest, wobei als Endhandlung die Duldung zu verstehen ist.

Im Jahr 1954 wies FARRIS zum ersten Mal darauf hin, dass weibliche Säugetiere einen vorhersagbaren Anstieg in der Bewegungsaktivität zeigten, wenn sie sich im Östrus befanden. Etwa 20 Jahre später zeigte KIDDY (1977) die Pedometrie als ein Hilfsmittel zur Brunsterkennung auf. Die Aktivität der Milchkühe im Östrus war etwa um 393 % höher als zu nicht brünstigen Zeiten in Laufstallhaltung. Im Anbindestall waren brünstige Tiere 2,7-mal aktiver.

Die vorliegenden Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit der gezeigten Verhaltensparameter im Östrus stützen diese Aussage der höheren Aktivität im Vergleich zu Zeiten außerhalb der Brunst (Abb. 6.1).

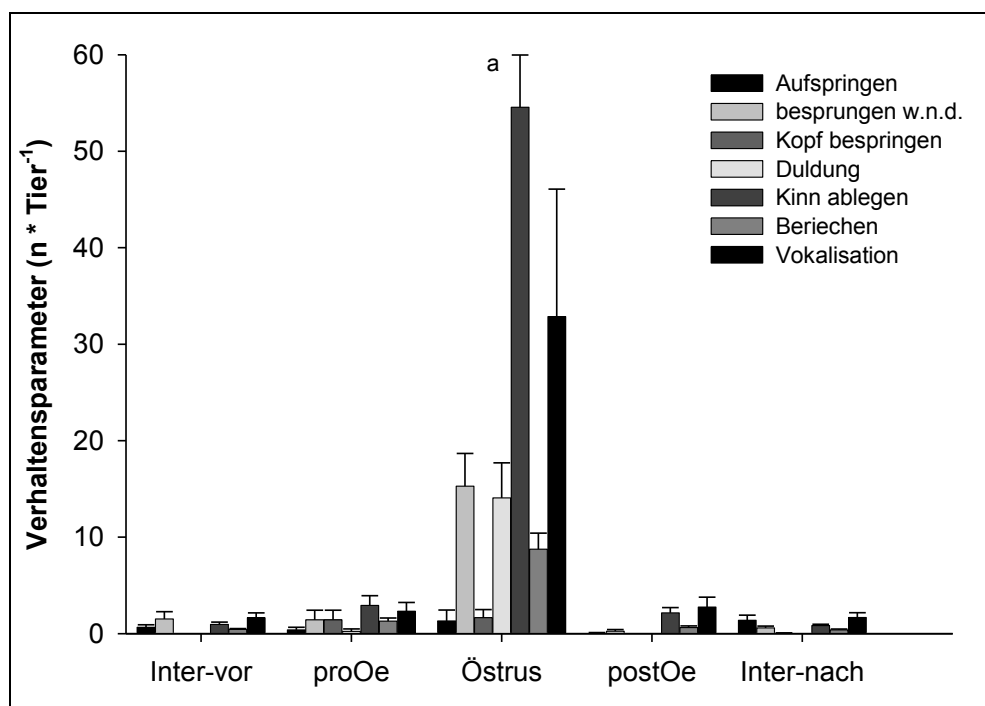


Abb. 6.1: Ausprägung der untersuchten Verhaltensparameter in verschiedenen Zyklusphasen im Vergleich zum Brunsttag ( $\bar{x} \pm s$ , Vokalisation = jeder Laut gewertet)

<sup>a</sup> Werte mit signifikanter Mittelwertdifferenz d 0 zu allen anderen Phasen ( $p < 0,01$ )  
außer Besprungen w.n.d., Kopf bespringen = n.k.

In den Untersuchungen zeigte ein Jungrind am Brunsttag Verhaltensweisen, die mit *Beriechen* und *Kinn ablegen* begannen, in Aufsprungversuche auf andere Jungrinder übergingen und schließlich im *Duldungsreflex* endeten. In (fast) jeder Brunstperiode werden *Kinn ablegen* auf den Beckenbereich eines anderen Tieres, *Aufspringen* und *Beriechen* des Anogenitalbereiches während des Östrus beobachtet. Am frequentesten wurde das *Kinn ablegen* (55-mal) und *vokalisieren* (33-mal) gefolgt vom *Aufspringen* (15-mal) registriert. Auch der *Duldungsreflex* war bei den Probandinnen als vierthäufigstes Merkmal während der Östren (83 %) ausgeprägt. Die ermittelten Ergebnisse stimmen gut mit denen von ROELOFFS et al. (2005a) überein. Die Autoren untersuchten mit kontinuierlicher visueller Brunstbeobachtung alle 3 h 67 Milchkühe in einem Versuchsbetrieb in den Niederlanden. Der Anteil Brunstperioden und die Häufigkeit des Merkmals *Kinn ablegen* (100% 24,5-mal), *Aufspringen* (90% 8-mal) und *Beriechen* (100% 26-mal) sind ähnlich hoch. Lediglich die Frequenz dieser Ausführungen ist in der vorliegenden Studie für diese Parameter (außer *Beriechen*) um einiges höher. Ein wesentliches Charakteristikum der Brunst, das *Aufspringen* auf andere Tiere auch von vorne oder auf den Kopf, konnte sowohl bei brünstigen, als auch bei nicht brünstigen Tieren beobachtet werden. Letzteres berichteten auch VAN EERDENBURG et al. (2002). HURNIK et al.

(1975) beobachteten 79 % der aufspringenden und 90 % der besprungenen Tiere in Hochbrunst. In der Literatur ist das Aufsprungverhalten auch von hochgraviden Tieren aufgrund des erhöhten Östradiolspiegels beschrieben worden (DIJKHUIZEN & VAN EERDENBURG, 1997; O'CONNOR, 2007). In der vorliegenden Untersuchung blieben alle Probanden in 83 % der Östren beim Besprungen ruhig stehen. Nur die *Duldung* war ausschließlich (zwischen 1 und 96-mal) während des Östrus von allen Tieren gezeigt worden, womit dem generellen Status als eindeutiges Merkmal der Brunst hier zugestimmt werden kann. In anderen Studien duldeten brünstige Jungtiere etwa 3 bis 225-mal Aufsprünge anderer Tiere (COE & ALLRICH, 1989). Jüngere Arbeiten berichteten von einem hohen Anteil von 50 - 64 % an Brunstperioden ohne einen Duldungsreflex der Tiere (ROELOFFS et al., 2005a; LYIMO et al., 2000; VAN EERDENBURG et al., 2002; YOSHIDA & NAKAO, 2005). Möglicherweise ist hier eine Beziehung zum Progesteron zu sehen. VAILES et al. (1992) zeigten eine kleine, aber signifikant variabelere Aufsprungaktivität in Abhängigkeit des E<sub>2</sub>/P<sub>4</sub>-Verhältnisses. Tiere mit hoher P<sub>4</sub>-Konzentration zeigten weniger Brunstverhalten (Aufsprungverhalten) als diejenigen mit höherer E<sub>2</sub>-Konzentration, wobei bekannt ist, dass letztere das sexuelle Brunstverhalten stark stimuliert. Brunstmerkmale, die eine aktive Teilnahme des Tieres erforderten (*Aufspringen* und *Kinn ablegen*) waren dabei weniger vom P<sub>4</sub> unterdrückt worden, wie rezeptive Verhaltensweisen, beispielsweise *Duldungen* und empfangene Aufsprünge. Die *Duldung* scheint deshalb oberhalb eines bestimmten P<sub>4</sub>-Konzentrationsspiegels oder E<sub>2</sub>/P<sub>4</sub>-Verhältnisses am sensitivsten zu sein (DAVIDGE et al., 1987). Mit der vorliegenden Untersuchung sind in der Phase mit und nach einer Brunst ( $d \geq 0$ ) schwache Zusammenhänge des Östradiol-17 $\beta$  zum *Aufspringen* ( $r = 0,23$   $p < 0,05$ ) sowie zur *Duldung* ( $r = 0,27$   $p < 0,05$ ) bestätigt worden.

Soll ein Parameter zur Brunsterkennung genutzt werden, muss dieser akkurat und genau die Verhaltensweise(n) bezüglich der Brunst identifizieren, die a) im Zusammenhang mit dem Ovulationszeitpunkt steht, b) bei den meisten Individuen vorkommt und c) vor einer Ovulation stattfindet. Zudem sollten die Messungen praktisch leicht anzuwenden sein, wiederholbare Ergebnisse liefern und vorzugsweise automatisiert erfolgen (SENGER, 1994; ROELOFFS et al., 2005a). Am Brunsttag bestand bei allen untersuchten Parametern, außer *Besprungen w.n.d.*, ein deutlicher Unterschied zu den restlichen Zyklusphasen ( $p < 0,001$ ). Das bedeutet alle Parameter, außer der *Duldung*, werden auch im Interöstrus gezeigt, fallen aber in ihrer Frequenz deutlich niedriger aus als während des Brunsttages (Abb. 6.1).

Aufgrund der vorliegenden Ergebnissen sind demnach *Besprungen w.n.d.*, *Kinn ablegen*, *Beriechen* und *Vokalisation* weniger als alleinige Indikatoren einer Brunstvorhersage geeignet, da alle auch im Interöstrus (in 46 - 76 % der Brunsten) und bei nicht wenigen Probanden (73 - 91 %) beobachtet wurden. Dies schlussfolgerten auch PHILLIPS & SCHOFIELD (1990) in Bezug auf das *Kinn ablegen* und das *Beriechen*, VAN EERDENBURG et al. (1996) sowie ROELOFFS et al. (2005a). Der Parameter *Kopfseite bespringen* war zwar am seltensten ( $1,3 \pm 0,3$ -mal) von allen und von den wenigsten Probanden (2/11) außerhalb des Östrus in der vorliegenden Arbeit beobachtet worden, aber nur in weniger als der Hälfte (41 %) der Brunstperioden. Auch ROELOFFS et al. (2004, 2005a) sprechen von 22 - 40 % der Brunsten in denen dieser Parameter beobachtet wurde. Jedoch ist dieser als Brunstindikator nach Beobachtungen der Verfasserin und auch nach Empfehlung von VAN EERDENBURG (pers. Mitteilung) als vorteilhaft zu beurteilen, wenn es von einem Individuum gezeigt wird. Bei den Werten der Parameter *Aufspringen* und *Besprungen w.n.d.* im Interöstrus (Tab. 5.8) sollte in Erwägung gezogen werden, dass bei drei Individuen die Auswahl an Aufsprungpartnern gering war bzw. sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Begleittiere dem Fokustier nur schwer entziehen konnten (in 78 % der Brunsten ist nur eine Probandin in Brunst gewesen). Ob sich auch ein Rangeinfluss während des häufigeren *Aufspringens* von Ranghöheren bemerkbar machte, wie SAMBRAUS (1969) bemerkte, kann hier nicht geklärt werden.

### **6.3.2 Brunstintensität in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere**

Für die Dauer des Östrus wirkte sich der Einfluss von mehr als einem Tier gleichzeitig in Brunst positiv aus (von 14 auf 27 h). Damit entspricht die Dauer bei einem brünstigen Tier im Mittel vielen Literaturangaben von 14 bis 15 h (BRITT et al., 1986; HURLEY et al., 1982; VAN VLIET & VAN EERDENBURG, 1996). ROELOFFS et al. (2005), die mit derselben Untersuchungsmethode wie bei der vorliegenden Arbeit arbeiteten, konnten dagegen keinen Einfluss auf die Brunstdauer (12 h) bei einem oder mehreren Tieren gleichzeitig in Brunst feststellen. Über eine weit geringere Brunstdauer von 4 h berichteten HURNIK & KING (1987) bei Fleischrindern 100 d post partal.

Die Brunstintensität, ausgedrückt in der erreichten Gesamtpunktzahl (1908 Punkte) bzw. der beobachteten Östrusdauer (1744 Punkte), der maximal und mittleren Punktezahl pro Östrus (399 Punkte) bzw. Periode (124 Punkte), verdoppelte sich beinahe in der Gruppe mehrerer gleichzeitig brünstiger Tiere gegenüber einem einzigem Fokustier. Von einer (fast) doppelten Anzahl der gesamt, maximal und durchschnittlichen Punktezahl für den

Östrus berichten auch VAN EERDENBURG et al. (1996), VAN VLIET & VAN EERDENBURG (1996) und ROELOFF et al. (2005).

Die vorliegenden Beobachtungen zeigen deutlich, dass mehrere brünstige Tiere im Vergleich zu einem Tier in Brunst alle Brunstmerkmale außer *Besprungen w.n.d.* und *Beriechen* durchschnittlich häufiger ausführten (z.B. *Duldung* von 7-mal auf 28-mal). Auch auf die Dauer der einzelnen beobachteten Parameter hatten mehrere gleichzeitig brünstige Tiere einen positiven Einfluss (z.B. *Kinn ablegen* von 12 auf 19 h). Zudem konnte eine hohe interindividuelle Variabilität in der Anzahl der gezeigten Brunstmerkmale festgestellt werden. HURNIK et al. (1975) bestätigten den Einfluss von SAGs auf die Brunstintensität mit der Zunahme der Aufsprünge von 11 auf 53 sowie der Brunstdauer von 7,5 auf 10 h gegenüber einem alleinigen brünstigen Tier. Auch VAN VLIET & VAN EERDENBURG (1996) beobachteten die Mehrzahl der Duldungen (77 %) bei mehr als einem Tier in Brunst. Dort betrug das Maximum fünf Duldungen während des Östrus, in der vorliegenden Untersuchung duldete eine Probandin 48-mal den Aufsprung. Bei mehreren gleichzeitig brünstigen Tieren ist die intensivere Ausprägung der Brunstmerkmale auf die Tatsache zurückzuführen, dass einerseits die Duldung (und teilweise auch das Aufspringverhalten) auf einen Partner (in Brunst) zur Ausübung angewiesen ist. Andererseits stimulierten sich die östrischen Tiere gegenseitig und verbreiteten die Unruhe in dieser Gruppe weiter (ORIHUELA, 2000). Ähnliches beschrieb BUSCH (1989) mit der Aussage des „sich gegenseitig anstecken“. Allgemein wird vermutet, dass das synchrone Auftreten des Östrus, das gewöhnlich zur Erhöhung der Brunstintensität und -dauer führt, wahrscheinlich neben anderen Faktoren wie beispielsweise visuellen und taktilen Signalen auf der Wirkung von Brunstpheromonen beruht (HOLTZ & MEINHARDT, 1993; DÖCKE, 1994).

Nur die Dauer (h) und Anzahl der *Vokalisation* wurde nicht wesentlich von der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere beeinflusst, trat aber in prozentual weniger Brunsten bei der Gruppe mit mehreren brünstigen Tieren auf (s. Tab. 5.9). Allerdings ist bei nur einer vokalisierenden Probandin in dieser Gruppe keine Interpretation möglich und weitere Untersuchungen diesbezüglich nötig. Wird allerdings auch mit den Werten der ausgeschlossenen Brunsten spekuliert, vokalisiert Tiere allein in Brunst mehr als in der anderen Gruppe. Möglicherweise ist ein Tier allein in Brunst gegenüber den anderen mitteilungs- und kontaktbedürftiger, während bei mehreren gleichzeitig brünstigen Tieren die Interaktionen miteinander intensiver sind, so dass individuell weniger vokalisiert wird. Abschließend kann dies jedoch nicht eindeutig geklärt werden.

### 6.3.3 Einflussfaktoren auf das Brunstverhalten und die Brunsterkennung

Während in der Gruppenhaltung in Brunst befindliche Jungrinder vermehrt Kontakt zu anderen Herdenmitgliedern suchten, aufsprangen, vokalisiert und sich im gesamten Verhalten unruhiger als im Interöstrus zeigten, konnten sie dies in der Aufstallungsform der Anbindeweise nicht ausüben. Auch BUSCH (1989) und LOTTHAMMER (1999) stellten den Vorteil der Laufstallhaltung in Bezug auf die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere heraus, indem die Bewegungsmöglichkeit eine bessere Brunsterkennung erlaubt. KING et al. (1976) konnte gegenüber der Anbindehaltung in Laufstallhaltung eine höhere BER nach der Kalbung feststellen.

Eine andere Erkenntnis ist, dass mit der Höhe der Milchleistung physiologische Veränderungen in der Fruchtbarkeit einhergehen bzw. mit ihr in Verbindung gebracht werden, mit der ein möglicher Rückgang in der Effizienz der Brunsterkennung erklärt werden kann (BUTLER & SMITH, 1989; WILTBANK et al., 2006). Diskutiert werden in neuerer Zeit in diesem Zusammenhang tierspezifische Faktoren und der Einfluss hoher genetischer Veranlagung und steigender Laktationsleistungen. Einige Faktoren wie beispielsweise eine verringerte Brunstintensität (WANGLER et al., 2005) und -dauer bei laktierenden Kühen (LOPEZ et al., 2004), verfrühte Luteolyse, längere Interlutealphasen, vermehrte Entwicklung von Follikelzysten und Anovulation, eine negative Energiebilanz und die Mobilisierung von Körperproteinen p.p. scheinen vermehrt bei Hochleistungstieren aufzutreten. Ebenso fallen Veränderungen in Follikelwellenmustern, Zyklusdauer und Zirkulation von Hormonen auf (WILTBANK et al., 2006). Einige dieser Parameter sind in Untersuchungen signifikant mit der Milchleistung in Verbindung gebracht worden, andere werden in der Literatur kontrovers diskutiert, da eine endgültige Bewertung noch zu erbringen ist bzw. geringe oder gar keine Beziehungen zur Höhe der Leistung bestehen. So zeigten Tiere mit höherer Milchleistung (40 kg/d) in Untersuchungen von LOPEZ et al. (2004a) eine geringere Brunstdauer von durchschnittlich 7 h gegenüber Tieren (11 h) mit einer niedrigeren Milchleistung (28 kg/d). Die angesprochenen Veränderungen der Hormonkonzentrationen bei Hochleistungstieren sind für LOPEZ et al. (2004a & b) und WILTBANK et al. (2006) durch das größere Futteraufnahmevermögen und höheren stofflichen Umsatz bedingt. Es wird von verschiedenen Autoren angenommen, dass ein erhöhter Metabolismus der Steroidhormone Progesteron und Östradiol im Leberstoffwechsel mit einer geringeren Zirkulation dieser Hormone im Blut einhergeht. Die Ursache könnte in der enormen Nährstoffverwertung der Tiere und dem damit verbundenen vermehrten Blutfluss durch die Leber und dem höheren Umsatz in dieser



liegen (SANGSRITVONG et al., 2002; LOPEZ et al., 2004a, b; SARTORI et al., 2004). Diese Veränderungen im Hormonprofil der beiden wichtigsten reproduktionsphysiologischen Hormone könnten einen Einfluss auf die Intensität der Brunst und möglicherweise auf Änderungen anderer brunstbedingter Verhaltensparameter (z.B. Vokalisation) haben. Da Östradiol einen unmittelbaren Einfluss auf die Auflösung und Intensität der Brunst hat (ALLRICH, 1994), kann eine schnellere Metabolisierung von Östradiol die Brunstdauer und -aktivität reduzieren, was die Brunsterkennung und damit die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes erschwert.

#### **6.3.4 Sensitivität der visuellen Brunstbeobachtung in Kombination mit der quantitativen Vokalisationsmethode**

Da die mit zunehmender Bestandsgröße verbundene wachsende Arbeitsbelastung mit gleich bleibender oder sogar sinkender Arbeitskapazität einhergeht, tritt nach Meinung vieler Autoren als Folge eine Abnahme der tierindividuellen Betreuungsintensität und damit eine sinkende Effizienz in der Brunsterkennung ein (LUCY, 2001; MEE, 2004).

Generell ist für eine niedrige Brunsterkennungsrate nicht nur der geringe Zeitaufwand und/oder mangelndes Fachpersonal im Herdenmanagement verantwortlich sondern auch der Fakt, dass die Tiere kaum mehr eine ausreichende Brunstintensität über eine adäquate Zeitspanne zeigen (VAN VLIET & VAN EERDENBURG, 1996; ROELOFF et al., 2005a, b; DE KRUIF, 2008). Größte Beachtung bei der Optimierung von Fruchtbarkeitsparametern findet die Verbesserung der BER, die direkt die Anzahl brünstiger zur Besamung anstehender Tiere (Brunstnutzungsrate) sowie indirekt den Konzeptionserfolg beeinflusst. Eine hohe Effizienz steht für eine möglichst hohe Anzahl erkannter Tiere pro Zeiteinheit. Genauigkeit dafür, dass nur wenige Tiere falsch erkannt werden (sich außerhalb der Brunst befinden). Als erstrebenswerte BNR geben FEUCKER (2005) 65 - 70 %, sowie eine BER von > 70 % (ESSLEMONT et al., 2001) bzw. bis 90 % (GRUNERT, 1999) als sehr gut an. Ergebnisse aus der Literatur lassen weltweit aber eine viel geringere Brunsterkennungsrate in Milchviehherden mit künstlicher Besamung erkennen. Innerhalb von 10 Jahren (1989 - 1998) kam es beispielsweise in den USA zu einer Verschlechterung der Brunsterkennung von 46 % auf 40 % (FEUCKER, 2005). In anderen Studien wurden 31 % (BUELOW et al., 1999), 35 - 40 % (RAPNICKI et al., 2001 in FRICKE, 2004), 50 % (SENGER et al., 1994) und in einer niederländischen Studie nur 9 - 26 % aller brünstigen Tiere erkannt (HERES & VAN EERDENBURG, 1999).

Aufgrund der geringen Effizienz sollte ein erklärtes Ziel sein, die BER in der Praxis zu erhöhen und auf ein sehr gutes Niveau von 90 % zu verbessern. In den letzten Jahren sind in vielen Studien verschiedene tierindividuelle Merkmale für die Nutzung der automatischen Brunsterkennung analysiert worden: Milchtemperatur (SCHLÜNSEN et al., 1987), physische Aktivität (MAATJE et al., 1997a, b; NEBEL, 2000; WANGLER et al., 2005). Selbst die genauesten dieser Systeme haben ihre Nachteile und liefern eine Brunsterkennungsrate bei gutem Management von durchschnittlich 70 %. Dies gilt nicht für die Pedometrie, die allerdings mit einer hohen Fehlerquote behaftet ist (FIRK et al., 2002; DISKIN & SREENAN, 2000). FIRK et al. (2002) wiesen darauf hin, dass beste BER um 80 - 90 % mit der Pedometrie (Aktivität) erzielt wurden, die in Abhängigkeit des benutzten Schwellenwertes, der Anzahl der Kühe, der Unterbringung und Behandlung der Kühe und der angewandten Methode der Zeitreihenanalyse variierten. Allerdings standen diesen eine große Anzahl falsch positiver Östruswarnungen mit Fehlerraten zwischen 17 und 55 % und Genauigkeiten zwischen 96-98 % gegenüber. Die falsch positiven Alarme stellen das Hauptproblem automatischer Brunsterkennung dar (s. Tab. 2.6).

Das in der vorliegenden Arbeit verwendete Vokalisationssystem arbeitete in Anbindehaltung mit einer Fehlerrate zwischen 3,8 % (d -1, d 0, d +1) im besten Fall und 17,4 % (nur d 0), was einem sehr guten Resultat entspricht. Interessanterweise gilt dasselbe nicht für die Fehlerrate in Gruppenhaltung, denn die ist neben dem guten Ergebnis der Anbindehaltung mit 21,1 % (d -1, d 0, d +1) bis 39 % (nur d 0) mehr als doppelt so hoch. Trotzdem liegt die Methode in beiden Haltungen im guten Mittelfeld der oben genannten mit verschiedensten Methoden ermittelten Fehlerraten (5 - 84 % WILLIAMS et al., 1981; PETER & BOSU, 1986; s. Tab. 2.6). Für den in dieser Untersuchung zur retrospektiven Brunsterkennung genutzten Ansatz des Vokalisationsanstiegs ( $\text{Vokalisation} \cdot \text{Tier}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) bei mindestens einmal auftretender Vokalisation in der Brunst konnte eine Sensitivität (BER) von 68 % (d 0) und 89 % (d -1, d 0, d +1) in Anbinde- resp. 52 % (d 0) und 71 % (d -1, d 0, d +1) in Gruppenhaltung ermittelt werden. Damit stimmt die BER gut mit Ergebnissen anderer automatischer Verfahren jüngerer Studien überein (37 - 87 %, s. Tab. 2. 6) und liegt für den Brunsttag auf mittlerem Niveau der in den Studien angegebenen Resultate (PERALTA et al., 2005; ALAWNEH et al., 2006; LØVENDAHL & CHAGUNDA, 2010).

Es muss betont werden, dass die hier ermittelten Ergebnisse zwar in erster Linie anhand einer kleinen Gruppe von Probandinnen erzielt wurden, aber durchaus verallgemeinernde Aussagen zulassen. Für die visuelle Brunsterkennung anhand des Punktesystems in Gruppenhaltung konnte eine 100 % BER mit einer 100 % Akkuratessse erzielt werden. Im

Fall einer Probandin mit anhaltender Brunstsymptomatik am 7. d nach der Brunst konnte durch dieses System in einer anschließenden Ultraschalluntersuchung auch eine zystische Veränderung am Ovar diagnostiziert werden. In Gruppenhaltung liegt damit die BER im Rahmen der mit visueller Beobachtung erzielten Resultate von 97 % (CAVALIERI et al., 2003; CAVESTANY et al., 2007) sowie weit über vielen anderen mit 54 - 81 % (ATTARAS & SPAHR, 2001; PENNINGTON et al., 1986; s. Tab. 2.6). Grundsätzlich ist das hier vorgestellte Punktesystem in Kombination mit der ereignisorientierten Vokalisationsaufnahme, -messung und -analyse ein guter Indikator für die Vorhersage einer Brunst. Da keine 100 % Duldungsneigung in allen Brunsten beobachtet werden konnte, ist es wertvoll mehrere sekundäre Verhaltensweisen in die visuelle Brunsterkennung mit einfließen zu lassen. Inwieweit die Vokalisationsmessung für eine Vorhersage in Bezug zum Ovulationszeitpunkt nutzbar ist, könnte in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse bieten Raum für zukünftige Anhaltspunkte für Forschungen auf dem Gebiet der sexuell motivierten Lautgebung bei Rindern. Beispielsweise inwiefern andere Rinder sensibel auf östrische Laute von Herdenmitgliedern reagieren oder ob und in welcher Form sich ein Einfluss männlich potenter vokaler Signale auf den Beginn der weiblichen Pubertät feststellen lässt. Der für WATTS & STOOKEY (2000) interessante Aspekt nach der Stimulierung der weiblichen Brunstintensität durch männliche Vokalisation während des Östrus (BROOM & FRASER, 2007) oder einer charakteristischen Vokalisation als weiterem Brunstindikator kann auch für Rinderhalter von praktischem Nutzen sein.

## 7 Schlussfolgerung

Aus den grundlagenorientierten Untersuchungen zur Quantifizierung der Vokalisationshäufigkeit im Zyklusverlauf und der Verhaltensparameter zur Brunst bei weiblichen Jungrindern lassen sich wesentliche Aussagen ableiten, die für die weitere Nutzung dieser Methoden von Bedeutung sind.

1. Bei einem Vergleich beider Haltungssysteme (Anbinde- und Gruppenhaltung) zum Vokalisationsverhalten der Jungrinder ist für das prinzipielle Auftreten von Vokalisationen nicht die Art der Haltungsform ausschlaggebend. Allein der Zyklustag resp. Zyklusphase (Taggruppe) hat einen Einfluss auf die Lautgebung und in diesem Falle insbesondere der Östrus (d 0).
2. In beiden Haltungssystemen ist ein Anstieg der Vokalisationen von der Vorbrunst bis zum d 0 sowie ein anschließenden Abfall der Vokalisationen zur Nachbrunst deutlich festzustellen. Im weiteren Verlauf des Interöstrus verbleibt das Niveau der Lautäußerung gering. Der Lautanstieg zur Brunst ist mit einer gegenläufigen Konstellation der Steroidhormone, d.h. einer niedrigen Progesteron- und einer erhöhten Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration assoziiert. Beide Steroidhormonkonzentrationen fallen resp. steigen ebenso im Verlauf des Zyklus vom Interöstrus über die Vorbrunst hin zum Brunsttag. Für diesen Zeitraum (d  $\leq$  0) konnten in beiden Haltungssystemen gering negative Korrelationen zwischen der Progesteronkonzentration und der Lautanzahl ( $p < 0,01$ ) bzw. in Gruppenhaltung positive zwischen der Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration und der Anzahl der Laute nachgewiesen werden ( $p < 0,001$ ).
3. Im Hinblick auf die Vokalisationen der Tiere am Brunsttag zeigt sich eine doppelt so hohe Lautanzahl in Anbinde- als in Gruppenhaltung ( $p < 0,001$ ).
4. Das Ausmaß der Lauthäufigkeit ist inter- und intraindividuell verschieden, d.h. es besteht eine hohe Vokalisationsvariabilität unter den Probandinnen und innerhalb individueller Brunsten. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Vokalisationshäufigkeit und dem Eintreten der Brunst beim Rind besteht.
5. In Bezug auf die Hypothese einer veränderten Lautstruktur während des Östrus im Gegensatz zu Lauten außerhalb des Östrus kann auf das Ausmaß der prozentualen disharmonischen Komponente (Brüllanteil) am Gesamtlaut in Abhängigkeit der Zyklusphasen folgende Reihung vorgenommen werden:

Anbindehaltung: „nach“ < „proOe“ < „Östrus“ ähnlich wie „vor“ < „postOe“

Gruppenhaltung: „proOe“ < „vor“ < „postOe“ ähnlich wie „Östrus“ < „nach“

Eine statistische Auswertung des disharmonischen Anteils am Gesamtlaut (in %) zeigte Unterschiede innerhalb einzelner Zyklusphasen auf, aber keinen generellen Einfluss des Haltungssystems, des Zyklustages bzw. Taggruppe oder der Brunstnummer. Ein höherer Brüllanteil am Tag des Östrus zwischen den angebundenen gegenüber den sich frei bewegenden Tieren konnte tendenziell nachgewiesen werden ( $p = 0,10$ ). Der harmonische Anteil am Laut (in %) überwiegt bei in Gruppe gehaltenen Tieren zu allen Zyklusphasen den geräuschhaften Anteil. Dafür lassen in dieser Haltungsform die vom Östrus bis zum Interöstrus-„nach“ gleich bleibenden Anteile des geräuschhaften Merkmals am Gesamtlaut keine eindeutig brunstbezogene Aussage zu. Allerdings kann in Anbindehaltung ein Anstieg von der Vorbrunst zum Östrus verbunden mit einem Rückgang zum Interöstrus-„nach“ ( $p < 0,05$ ) eher einem Brunstereignis zugeordnet werden. Insofern stimmt dieses Ergebnis mit der Aussage aus dem diesbezüglichen Schrifttum überein.

6. Die Untersuchungsergebnisse bei den Jungtieren haben gezeigt, dass insgesamt eine Erhöhung der Vokalisation im periöstrischen Zeitraum zur Detektion einer Brunst beiträgt. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse der Gruppenhaltung auf die Laufstallhaltung ist denkbar und sollte ebenso wie auch mit Milchkühen geprüft werden.
7. Zur Charakterisierung des Östrus anhand sekundärer Verhaltensparameter und zur Einschätzung der Beziehung mit der Vokalisation kann die Methode der Punktevergabe wichtige Informationen liefern. Die Untersuchungsergebnisse zur Sensitivität belegen sicher und eindeutig deren Vorteile in der Brunsterkennung. Schlussfolgernd sollten nach vorliegender Erkenntnis zur visuellen Brunsterkennung, auch im Falle eines Nichtauftretens der Duldung, folgende Verhaltensweisen genutzt werden: *Kinn ablegen, Aufspringen, Vokalisation, Kopfseite bespringen*.

Erfolgreiche Brunsterkennung bei Tieren stellt sich häufig, insbesondere bei jenen mit hohen Leistungen, aus unterschiedlichen Gründen schwierig dar. Die Brunsterkennung durch geeignete Methoden und Verfahren zu verbessern, muss ein Ziel von reproduktionsverbessernden Maßnahmen sein.

Aufgrund der in dieser Arbeit gewonnenen Resultate kann folgendes für die Anwendung in der Praxis empfohlen werden:

8. Die Methode der ereignisorientierten Vokalisationsaufnahme und die Ergebnisse aus der anschließenden Auswertung der Lautanalyse sind für eine Brunsterkennung in Anbindehaltung und bedingt in Gruppenhaltung eine geeignete und technisch interessante Methode. Allerdings ist in Gruppenhaltung neben den oben beschriebenen technischen und tierindividuellen Faktoren ein alleiniger Einsatz zurzeit (noch) nur

begrenzt möglich. Nachteilig wirken sich die geringe Anzahl und auch das Auftreten von zusätzlichen Vokalisationsereignissen außerhalb des periöstrischen Zeitraumes aus. Insofern ist in dieser Haltungsform eine Kombination mit anderen Verfahren wie beispielsweise der visuellen Brunstbeobachtung, der Pedometrie oder der Erfassung der Progesteronkonzentration sinnvoll, um eine Verbesserung der Brunsterkennungsrate zu erzielen.

9. Die Anwendung der Methode des Punktesystems bei sekundären Verhaltensparametern kann uneingeschränkt zur visuellen Brunstbeobachtung empfohlen werden. Mit der Kombinationsbeobachtung der untersuchten Verhaltensweisen kann sicher und akkurat die Bestimmung der Brunst erfolgen, auch wenn die Intensität der gezeigten Verhaltensweisen von vielen Faktoren abhängig ist und inter- und intraindividuell variiert.

## 8 Zusammenfassung

Physiologische Merkmale wie Langlebigkeit, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit haben in den vergangenen Jahren an wirtschaftlicher Bedeutung in der Nutztierhaltung zugenommen. Neben einer optimalen Energie- und Nährstoffversorgung gehört dazu auch eine effektive Brunsterkennung für eine verbesserte Fruchtbarkeit und Reproduktionsleistung. Üblicherweise wird die Brunsterkennung durch eine visuelle Brunstbeobachtung durchgeführt, dies ist aber bei etlichen milchwirtschaftlichen Betrieben insbesondere wegen kurzer Beobachtungszeiträume während der Fütterung und des Melkens schwierig (FIRK et al., 2002; ZUBE & FRANKE, 2007).

Eine eindeutige und effektive Erkennung der Brunst beim weiblichen Rind ist die Voraussetzung für die richtige Wahl des Besamungszeitpunktes und ein bedeutender Faktor im Reproduktionsmanagement der Milchproduktion. Die in der Praxis neben der visuellen Brunstbeobachtung eingesetzten Brunsterkennungsverfahren zur Unterstützung der visuellen Brunsterkennung weisen eine Reihe von Nachteilen und Schwächen auf und sind vermehrt kritisch betrachtet worden.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war deshalb eine Methode zur Brunsterkennung zu entwickeln, welche es erlaubt, die Brunst über eine automatische ereignisorientierte Vokalisationsaufnahme zu verifizieren. Des Weiteren sollten mit einem Verhaltenspunktesystem nähere Informationen zur Beziehung von Vokalisation und ausgewählten Brunstverhaltensparametern geliefert werden. Dabei bildeten die Quantifizierung der Lautäußerung und harmonischen und disharmonischen Lautkomponenten im Vergleich zweier Haltungssysteme sowie die Ermittlung periöstrischer Verhaltensparameter zur Charakterisierung der Brunst den Schwerpunkt.

Für die Untersuchungen ist eine Kombination aus Verhaltensbeobachtung und automatischer Vokalisationsaufnahme durchgeführt worden. Lautaufnahmen und -analysen wurden in Anlehnung an die Untersuchung von SCHÖN et al. (2007) vorgenommen. Es standen 10 weibliche Jungtiere (DH) im Lebendmassebereich von 400 - 600 kg für die Untersuchungen über mehrere Brunsten in Anbinde- und Gruppenhaltung zur Verfügung. Zunächst wurden die Jungrinder in Abhängigkeit der zu erwarteten Brunst konsekutiv in der Anbindehaltung untersucht und im Anschluss durchlief jede Probandin die andere Form der Haltung (n = 3 Tiere).

Zur Quantifizierung der Vokalisationshäufigkeit und der Strukturkomponenten wurden a) Kalkulationen der Lautereignisse sowie b) Lautanalysen (Hüllkurve des Cepstrum) durchgeführt. Für die Ermittlung der Brunstmerkmale in Gruppenhaltung wurden in

Anlehnung an die Empfehlung von VAN EERDENBURG et al. (1996) folgende Parameter einbezogen: *Besprungen werden nicht dulden, Aufspringen, Beriechen* des Anogenitalbereiches, *die Kopfseite bespringen, Duldung, Kinn ablegen* und *Vokalisation*, die u.a auch in Abhängigkeit der Anzahl der Tiere in Brunst untersucht wurden. Folgende vier von sieben untersuchten Verhaltensparametern zeigten alle Jungtiere am Östrus: *Duldung, Aufspringen, Beriechen* und *Kinn ablegen* in fast allen Brunsten (83 - 100 %). Das primäre Brunstmerkmal *Duldung* erschien bei allen Tieren. Die Untersuchungen führten zusammenfassend zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

1. Mit Hilfe der akustischen Methode zur ereignisorientierten Vokalisationsaufnahme und Analyse der Laute lässt sich feststellen, dass eine Zunahme der Lauthäufigkeit bei den Probandinnen im Zyklusverlauf stattfindet. Das Ausmaß der Lautantworten steigt zyklusabhängig in folgender Reihung:

Interöstrus < proOe ähnlich wie postOe < Östrus.

2. Ein Anstieg der harmonischen und disharmonischen Lautmerkmaleinheiten erfolgt in selber Reihung. Die hypothetische Annahme einer Lautstrukturänderung zur Brunst mit vermehrtem disharmonischem Anteil am Gesamtlaut (%) kann in Anbindehaltung tendenziell bestätigt werden. Es wurde eine Erhöhung am Östrus und ein niedrigeres Niveau im Interöstrus-„nach“ ( $p < 0,05$ ) sowie ein Anstieg vom Proöstrus zum Östrus hin beobachtet. In der Gruppenhaltung blieb das erreichte Niveau des prozentualen disharmonischen Lautanteils unterhalb der Anbindehaltung. Jedoch besteht insgesamt kein relevanter Einfluss des Haltungssystems auf den Brüllanteil am Gesamtlaut. Lediglich am Östrus ist ein tendenziell erhöhter disharmonischer Anteil zwischen den angebondenen gegenüber den sich frei bewegenden Tieren ermittelt worden ( $p = 0,10$ ).
3. Ein Wechsel in der Struktur des Gesamtlautes von harmonisch zu disharmonisch während der Hochbrunst konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr besteht ein Laut aus harmonischen und disharmonischen Lautanteilen.
4. Die im Vordergrund stehende numerische Lautdatenerfassung und -analyse und die Ermittlung von sekundären Brunstverhaltensparametern bieten einen aktuellen Ansatz für eine verbesserte Brunstdiagnose.

Die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit tragen dazu bei, auf der Grundlage nicht-invasiver Verfahren eine Optimierung in der Brunsterkennung beim landwirtschaftlichen Milchrind zu erreichen. Neben der Verhaltensbeobachtung kann die auf diesem Gebiet neuartige ereignisorientierte Vokalisationserfassung als ein wertvolles Instrument zur Bestimmung des optimalen Belegungszeitpunktes auch in Kombination mit anderen Brunsterkennungsverfahren genutzt werden.



## 9 Literaturverzeichnis

- ABOUL-ELA, M. B., TOPPS, J. H. & MACDONALD, D. C. (1983): Relationships between intravaginal electrical resistance, cervicovaginal mucus characteristics and blood progesterone and LH. *Animal Reproduction Science* **5** (4), 259-273
- ALAWNEH, J. I., WILLIAMSON, N. B. & BAILEY, D. (2006): Comparison of a camera-software system and typical farm management for detecting oestrus in dairy cattle at pasture. *New Zealand Veterinary Journal* **54** (2), 73-77
- ALISTON, CW., PATTERSON, TB. & ULBERG, LC. (1958): Crystallization patterns of cervical mucus as related to estrus in beef cattle. *Journal of Animal Science* **17**, 322-325
- ALLRICH, R. D. (1994): Symposium: Estrus, new devices, and monitoring. *Endocrine and neural control of estrus in dairy cows. Journal of Dairy Science* **77** (9), 2738-2744
- ARNEY, D. R., KITWOOD, S. E. & PHILLIPS, C. J. C. (1994): The increase in activity during oestrus in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **40** (3-4), 211-218
- AT-TARAS, E. E. & SPAHR, S. L. (2001): Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *Journal of Dairy Science* **84** (4), 792-798
- ATAL, B. S. & HANAUER, SUZANNE L. (1971): Speech analysis and synthesis by Linear Prediction of the speech wave. *Journal of the Acoustical Society of America* **50**, 637-655
- ATAL, B. S. (2003): Speech Synthesis Based on Linear Prediction. In: MEYERS, R. A. [Hrsg.]: *Encyclopaedia of physical science and technology*. Academic Press, New York, 645-655
- BALL, P. J. H. & PETERS, A. R. (2004): Oestrous behaviour and its detection. *Reproduction in cattle*. Blackwell Publishing, Oxford, 92-109
- BARFIELD, C. H., TANG-MARTINEZ, Z. & TRAINER, J. M. (1994): Domestic calves (*Bos taurus*) recognize their own mothers by auditory cues. *Ethology* **97** (4), 257-264
- BARR, H. L. (1975): Influence of estrus detection on days open in dairy herds. *Journal of Dairy Science* **58** (2), 246-247
- BEACH, F. A. (1976): Sexual attractivity, proceptivity, and receptivity in female mammals. *Hormones and Behavior* **7** (1), 105-138
- BECKER, F., KANITZ, W. & HEUWIESER, W. (2005): Advantages and disadvantages of different methods of heat detection in cattle. *Züchtungskunde* **77** (2-3), 140-150
- BLEACH, E. C. L., GLENCROSS, R. G. & KNIGHT, P. G. (2004): Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reproduction* **127** (5), 621-629
- BOGERT, B. P., HEALY, M. J. R. & TUKEY, J. W. (1963): The Quefrency Analysis of Time Series for Echoes: Cepstrum, Pseudo Autocovariance, Cross-Cepstrum and Shape Cracking. *Proceedings of the symposium on time series analysis*. Wiley, New York 209-243
- BOGNER, H. & GRAUVOGL, A. (1984): *Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- BOSTEDT, H. (2003): *Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind*. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.

- BOUISSOU, M., BOISSY, A., EINDRE, P. & LE VEISSIER, I. (2001): The social behaviour of cattle. In: KEELING, L. J. & GONYOY, H. W. [Hrsg.]: Social behaviour of farm animals. CABI, Wallingford, 113-145
- BOYD, H. W. (1984): Aids to oestrus detection-a review. In: EDDY, R. G. & DUCKER, M. J. [Hrsg.]: Proceedings of the Joint Veterinarian Association and British Society Anim. Prod. Conference. British Veterinarian Association, London, 1-67
- BRACKENBURY, J. H. (1982): The structural basics of voice production and its relationship to sound characteristics. In: KROODSMA, D. E. [Hrsg.]: Acoustic communication in birds. Production, perception and design features of sounds. Academic Press, New York, 1, 53-73
- BREER, H. (2010): 5. Sinnesphysiologie. In: ENGELHARDT, W. & BREVES, G. [Hrsg.]: Physiologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart, 83-84
- BREHME, U. & BRUNSCH, R. (2006): Measurement of animal data and their importance for herd management on dairy cow farms. Fourth workshop on smart sensors in livestock monitoring, Gargnano, Italy, 59-60
- BREHME, U., SCHERPING, E., STOLLBERG, U., HOLZ, R. & SCHLEUSENER, T. (2008): Entwicklung eines sensorgestützten Messsystems - ALT-Pedometer - zur Optimierung des Fruchtbarkeitsgeschehens, der Tiergesundheit und zur Einschätzung der Tiergerechtigkeit von Liegeboxen. <http://www.atb-potsdam.de/hauptseite-deutsch/Institut/Abteilungen/Abt5/tierdaten/alt-pedometer.pdf> (15.07.2005)
- BREHME, U., STOLLBERG, U., HOLZ, R. & SCHLEUSENER, T. (2005): Safer oestrus detection with sensor aided ALT-Pedometer. IAg Eng LUA & LU of Ag **37** (2), 44-51
- BREHME, U., STOLLBERG, U., HOLZ, R. & SCHLEUSENER, T. (2004): Sichere Brunsterkennung mit sensorgestützten ALT-Pedometern. Landtechnik **59** (4), 230-231
- BRITT, J. H., SCOTT, R. G., ARMSTRONG, J. D. & WHITACRE, M. D. (1986): Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science **69** (8), 2195-2202
- BROOM, D. M. & FRASER, A.F. (2007): Domestic animal behaviour and welfare. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- BRUYÉRE, P., HÉTREAU, T., PONSART, C., GATIEN, J., BUFF, S., DISENHAUS, C., GIROUD, O. & GUÉRIN, P. (2012): Can video cameras replace visual estrus detection in dairy cows? Theriogenology **77** (3), 525-530
- BRYANT, G. A. & HASELTON, M. G. (2009): Vocal cues of ovulation in human females. Biology Letters **5** (1), 12-15
- BUELOW et al. (1999): Reproductive performance. In: FEUCKER, W. (2005): Kontrolle der Fruchtbarkeitsleistung mit Hilfe der Pregnancy Rate
- BUSCH, W. (1989): Grundriß der Tiergesundheitslehre. Lehrbuch für Studenten und Praktiker der Tierproduktion. Gustav Fischer Verlag, Jena
- BUSCH, W. (2004): Fruchtbarkeitskontrolle im Rahmen des Herdenmanagements. In: BUSCH, W., METHLING, W. & AMSELGRUBER, W. [Hrsg.]: Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre. 168-192

- BUTLER, W. R. & SMITH, R. D. (1989): Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **72** (3), 767-783
- CARMI, S. (1987): Automatic computerized herd management: Heat detection, Mastitis and health monitoring. Proceedings of the third symposium by IMAG. Automation in dairying. Wageningen, 18-27
- CAVALIERI, J., FLINKER, L. R., ANDERSON, G. A. & MACMILLAN, J. K. L. (2003): Characteristics of oestrus measured using visual observation and radiotelemetry. *Animal Reproduction Science* **76**, 1-12
- CAVESTANY, D. & FOOTE, R. H. (1985): The use of milk progesterone and electronic vaginal probes as aids in large dairy herd reproductive management. *Cornell Vet.* **75** (3), 441-453
- CAVESTANY, D., FERNANDEZ, M., PEREZ, M., TORT, G., SANCHEZ, A. & SIENA, R. (2008): Oestrus behavior in heifers and lactating dairy cows under a pasture-based production system. *Veterinary Quarterly* **30** (suppl. 1), 10-34
- CAVESTANY, D., BETANCOUR, H., JE BLANC, LEMAIRE, C., SLAVICA, J., MOREIRA, F., PIAGGIO, J. & RISCO, C. (2007): Reproductive efficiency in grazing lactating dairy cows under a programmed reproductive management system. *Australian Veterinary Journal* **85**, 141-147
- CLAUS, R. (1994): Pheromone. In: DÖCKE, F. [Hrsg.]: *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 691-712
- COE, B. L. & ALLRICH, R.D. (1989): Relationship between endogenous estradiol-17 beta and estrous behavior in heifers. *Journal of Animal Science* **67** (6), 1546-1551
- COOLEY, J. W. & TUKEY, J. W. (1965): An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematics of Computation* **19** (90), 297-301
- CROWE, M. (2002): Oestrous cycle characteristics. In: ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W. & FOX, P. F. [Hrsg.]: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London
- CUTULLIC, E., DELABY, L., CAUSEUR, D., MICHEL, G. & DISENHAUS, C. (2009): Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. *Animal Reproduction Science* **113** (1), 22-37
- DANELL, B. (1987): Oestrous behaviour, ovarian morphology and cyclical variation in follicular system and endocrine pattern in water buffalo heifers. Dissertationsschrift, Swedish Univ. Agric. Sci., Uppsala
- DAVIDGE, S. T., WIEBOLD, J. L., SENGER, L. & HILLERS, J. K. (1987): Influence of varying levels of blood progesterone upon estrous behaviour in cattle. *J Anim Sci* **64** 126-132
- DEFINITION der Kennziffern der Besamung und Fruchtbarkeit. (2014): [www.portal-rind.de/besam\\_fru.htm](http://www.portal-rind.de/besam_fru.htm)
- DE KRUIF, A. (1978): Factors influencing the fertility of a cattle population. *Journal of Reproduction and Fertility* **54** (507), 507-518
- DE KRUIF, A. (2008): Situation der Fruchtbarkeit beim Milchrind. Vortrag. Milchrindtag 5./6.März 2008, Güstrow/Woldegk, M-V
- DE KRUIF, A., MANSFELD, R. & HOEDEMAKER, M. (2006): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Enke Verlag, Stuttgart, 30-72

- DELWICHE, M., TANG, X., BONDURANT, R. & MUNRO, C. (2001): Estrus detection with a progesterone biosensor. *Transactions of the ASAE* **44** (6), 2003-2008
- DIAZ, T., MANZO, M., TROCONIZ, J., BENACCHIO, N. & VERDE, O. (1986): Plasma progesterone levels during the estrous cycle of Holstein and Brahman cows, Carora type and cross-bred heifers. *Theriogenology* **26**, 419-432
- DIJKHUIZEN, T. J. & VAN EERDENBURG, F. J. (1997): Behavioural signs of oestrus during pregnancy in lactating dairy cows. *Veterinary Quarterly* **19** (4), 194-196
- DISKIN M.G. (2008): Reproductive management of dairy cows: A review (part 1). *Irish Veterinary Journal* **61** (5), 326-332
- DISKIN M.G. (2008): Reproductive management of dairy cows: A review (part 2). *Irish Veterinary Journal* **61** (6), 403-411
- DISKIN, M. G. & SREENAN, J. M. (2000): Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction. Nutrition. Development.* **40** (5), 481-491
- DÖCKE, F. (1994): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart
- DRANSFIELD, M. B. G., NEBEL, R. L., PEARSON, R. E. & WARNICK, L. D. (1998): Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *Journal of Dairy Science* **81** (7), 1874-1882
- DRIANCOURT, M. A. (2001): Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* **55** (6), 1211-1239
- DRICKAMER, L. C., VESSEY, S. H. & JAKOB, E. M. (2001): *Animal behaviour, mechanism, ecology, evolution*. McGraw-Hill Science, New York
- DUCROT, C., GRÖHN, Y. T., BUGNARD, F., SENLIS, Y., SULPICE, P. & GILBERT, R. O. (1999): A field study on estrus detection in lactating beef cattle. *Veterinary research* **30** (1), 87-98
- ECKEL, W. (1976): Kehlkopf (mit Tracheobronchialbaum), Hypopharynx und Ösophagus. *Hals-Nasen-Ohrenkunde*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 109-125
- ERADUS W. J., SCHOLTEN, H. & UDINK TEN CATE, A. J. (1996): An optimized fuzzy inference system for oestrus detection in dairy cattle. 1st International Symposium on NeuroFuzzy Systems AT 96 Conference Report. Lausanne, 171-176
- ESSEN, O. v. (1981): *Grundbegriffe der Phonetik*. Marhold, Berlin
- ESSLEMONT, R. J. & ELLIS, P. R. (1974): Components of a herd calving interval. *Vet Rec.* **95** (14), 319-320
- ESSLEMONT, R. J. & PEELER, E. J. (1993): The scope for raising margins in dairy herds by improving fertility and health. *British Veterinary Journal* **149** (6), 537-547
- ESSLEMONT, R. J., GLENCROSS, R. G., BRYANT, M. J. & POPE, G. S. (1980): A quantitative study of pre-ovulatory behaviour in cattle (British Friesian heifers). *Applied Animal Ethology* **6** (1), 1-17
- ESSLEMONT, R. J., KOSSAIBATI, M. A. & ALLCOCK, J. (2001): Economics of fertility in dairy cows. In: *Proceeding of a workshop: Recording and evaluation of fertility traits in UK dairy cattle*, Edinburgh, 5-14
- FANT, G. (1970): *Acoustic theory of speech production*. Mouton & Co., The Hague
- FARRIS EJ. (1954): Activity of dairy cows during estrus. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **125** (117), 117-120

- FERGUSON J. D. & GALLIGAN, D. T. (2000): Assessment of reproductive efficiency in dairy herds. The compendium on continuing education for the practicing veterinarian, 150-159
- FEUCKER, W. (2005): Kontrolle der Fruchtbarkeitsleistung mit Hilfe der Pregnancy Rate. [www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=100](http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=100)
- FIRK, R., STAMER, E., JUNGE, W. & KRIETER, J. (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science* **75** (3), 219-232
- FITCH, W. T. (2006): Production of Vocalizations in Mammals. In: BROWN, K. [Hrsg.]: *Encyclopedia of Language & Linguistics*. Elsevier, Oxford, 115-121
- FITCH, W. (1994): Vocal tract length perception and the evolution of language. Dissertationsschrift, Brown University
- FITCH, W. T. (1997): Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *Journal of the Acoustical Society of America* **102**, 1213-1222
- FITCH, W. T. (2006): The biology and evolution of music: a comparative perspective. *Cognition* **100** (1), 173-215
- FITCH, W. T. & HAUSER, M. D. (1997): Vocal Production in Nonhuman Primates: Acoustics, Physiology and Functional Constraints on 'Honest' Advertising. *American Journal of Primatology* **37**, 191-219
- FITCH, W. T., NEUBAUER, J. & HERZEL, H. (2002): Calls out of chaos: the adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour* **63** (3), 407-418
- FLANAGAN, J. L. (1972): *Speech analysis: Synthesis and perception*. Springer-Verlag, Oxford
- FONSECA, F. A., BRITT, J. H., MCDANIEL, B. T., WILK, J. C. & RAKES, A. H. (1983): Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate and days open. *Journal of Dairy Science* **66** (5), 1128-1147
- FOOTE, R. H. (2002): Mating management, artificial insemination, utilization. In: ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W. & FOX, P. F. [Hrsg.]: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, 1764-1770
- FOOTE, R. H. (1975): Estrus detection and estrus detection aids. *Journal of Dairy Science* **58** (2), 248-256
- FORDE, N., BELTMAN, M. E., LONERGAN, P., DISKIN, M., ROCHE, J. F. & CROWE, M. A. (2011): Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science* **124** (3), 163-169
- FOSSEY, D. (1972): Vocalizations of the mountain Gorilla (*Gorilla gorilla beringei*). *Animal Behaviour* **20** (1), 36-53
- FRENCH, J. M., MOORE, G. F., PERRY, G. C. & LONG, S. E. (1989): Behavioural predictors of oestrus in domestic cattle, *Bos taurus*. *Animal Behaviour* **38** (6), 913-919
- FRICKE, P. (2000): Understanding the key to successful reproduction. Presented at ND Dairy Cow College, North Dakota State University
- FRICKE, P. M. (2004): 14,000 Kg and Beyond - Current Benchmarks and Future Challenges for Dairy Cattle Reproduction. *Advances in Dairy Technology* **16**, 9-22

- FRIGGENS, N. C., BJERRING, M., RIDDER, C., HØJSGAARD, S. & LARSEN, T. (2008): Improved detection of reproductive status in dairy cows using milk progesterone measurements. *Reproduction in Domestic Animals* **43** (2), 113-121
- FULKERSON, W. J., SAWYER, G. J. & CROTHERS, I. (1983): The accuracy of several aids in detecting oestrus in dairy cattle. *Applied Animal Ethology* **10** (3), 199-208
- GILBERT, C. L., LAMMING, G. E., PARKINSON, T. J., FLINT, A. P. F. & WATHES, D. C. (1989): Oxytocin infusion from Day 10 after oestrus extends the luteal phase in non-pregnant cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* **86**, 203-210
- GILL, R. S., GANGWAR, P. C. & KOONER, D. S. (1973): Studies on the oestrous behaviour in buffaloes. *Indian Journal Animal Science* **43** (6), 472-475
- GRANDIN, T. (1998): The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Applied Animal Behaviour Science* **56** (2), 121-128
- GRANDIN, T. (2010): Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science* **86** (1), 56-65
- GRANDIN, T. (2000): Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **216** (6), 848-851
- GRANDIN, T. (2001): Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants. *Applied Animal Behaviour Science* **71** (3), 191-201
- GRANDIN, T. (2010): Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science* **86** (1), 56-65
- GRAUVOGL, A. (1958): Über das Verhalten des Hausschweines unter besonderer Berücksichtigung des Fortpflanzungsverhaltens. Dissertationsschrift, FU Berlin
- GRUNERT, E. & BERTCHOLD, M. (1999): Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind. Parey Verlag, Berlin
- GWAZDAUSKAS, F. C., LINEWEAVER, J. A. & MCGILLIARD, M. L. (1983): Environmental and management factors affecting estrous activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **66** (7), 1510-1514
- HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. (2000): *Reproduction in farm animals*. Wiley Blackwell
- HALL, S.J.G., VINCE, M. A., WALSER, E. S. & GARSON, J. (1988): Vocalisations of the Chillingham cattle. *Behaviour* **104** (1-2), 78-104
- HALL, S. J. G., BRANTON, C. & STONE, E. J. (1959): Estrus, estrous cycles, ovulation time, time of service and fertility of dairy cattle in Louisiana. *Journal of Dairy Science* **42** (6), 1086-1094
- HANSEL, W. & ASDELL, S. A. (1952): The causes of bovine metestrous bleeding. *Journal of Animal Science* **11** (2), 346-354
- HAUSER, M. D. (2000): *The Evolution of Communication*. MIT Press, Massachusetts Institute of Technology
- HÄMEL, K. (2009): Analyse von zyklusabhängigen Lauten beim Rind zur Erkennung der Brunst. Dissertationsschrift, FU Berlin
- HEERSCHKE, G. & NEBEL, R. L. (1994): Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *Journal of Dairy Science* **77** (9), 2754-2761
- HELMER, S. D. & BRITT, J. H. (1985): Mounting behavior as affected by stage of estrous cycle in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* **68** (5), 1290-1296

- HERES, L. & VAN EERDENBURG, F. J. C. M. (1999): Gericht koeien kijken loont. *Verteelt* **1**, 388-389
- HERES, L., DIELEMAN, S. J. & VAN EERDENBURG F. J. C. M. (2000): Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. *Veterinary Quarterly* **22** (1), 50-55
- HEUWIESER, W. (2006): Strategisches Fruchtbarkeitsmanagement beim Milchrind. In: DE KRUIF, A., MANSFELD, R. & HOEDEMAKER, M. [Hrsg.]: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Enke Verlag, Stuttgart 60-72
- HINCH, G. N., LYNCH, J. J. & THWAITES, C. J. (1982): Patterns and frequency of social interactions in young grazing bulls and steers. *Applied Animal Ethology* **9** (1), 15-30
- HINDE, R. A. (1964): Intraspecific communication in animals. *Research publications-Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 62-86
- HOFFMANN, B. & HAMBURGER, R. (1973): Progesteron in der Milch: Radioimmunologische Bestimmung, Beziehungen zur Gelbkörperfunktion and Milchfettkonzentration. *Zuchthygiene* **8** (4), 154-162
- HOFFMANN, B., HAMBURGER, R., GÜNZLER, O., KORNDÖRFER, L. & LOHOFF, H. (1974): Determination of progesterone in milk applied for pregnancy diagnosis in the cow. *Theriogenology* **2** (1-2), 21-28
- HOLTZ, W., BRACKEL, A. & KÜSTER, J. (1986): Der Milchprogesterontest: Instrument zur Fruchtbarkeitspflege beim Rind. *Journal of Veterinary Medicine Series A* **33** (1-10), 321-336
- HOLTZ, W. & MEINHARDT, H. (1993): Determination of estrus in cattle. *Reproduction in Domestic Animals* **28** (7), 315-341
- HURLEY, W. L., EDGERTON, L. A., OLDS, D. & HEMKEN, R. W. (1982): Estrous behavior and endocrine status of dairy heifers with varied intakes of phosphorus. *Journal of Dairy Science* **65** (10), 1979-1986
- HURNIK, J. F., KING, G. J. & ROBERTSON, H. A. (1975): Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Applied Animal Ethology* **2** (1), 55-68
- HURNIK, J. F. & KING, G. J. (1987): Estrous behaviour in confined beef cows. *Journal of Animal Science* **65**, 431-438
- IKEDA, Y. & ISHII, Y. (2001): Characteristics of cow's voices in time and frequency domains for recognition. *Agricultural and Biosystems Engineering* **2**, 15-23
- IKEDA, Y., JAHNS, G., NISHIZU T.SATO, K. & MORIO, Y. (2003): Individual identification of dairy cows by their voice. In: COX, S. [Hrsg.]: *Precision Livestock Farming*, Wageningen Academic Publishers, 81-86
- IRELAND, J. J. (1987): Control of follicular growth and development. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.* **34**, 39-54
- ITANI, J. (1963): Vocal communication of the wild Japanese monkey. *Primates* **4** (2), 11-66
- JAHNS, G. (2006): Automatischer Ruferkenner für landwirtschaftliche Nutztier-Tierstimmenerkennung. *Landbauforschung Völkenrode* **56** (1-2), 31-37
- JAHNS, G., KOWALCZYK, W. & WALTER, K. (1997): An application of sound processing techniques for determining condition of cows. In: *Proceedings of the 4th International Workshop on Systems, Signal and Image Processing*, Poznan, 105-108

- JAINUDEEN, M.R. & HAFEZ, E.S.E. (2000): Reproductive cycles. In: HAFEZ, E.S.E. & HAFEZ, B. [Hrsg.]: Reproduction in farm animals. Wiley Blackwell, London, 157-258
- JUSLIN, P. & LAUKKA, P. (2003): Communication of emotions in vocal expression and music performance: different channels, same code? *Psychological Bulletin* **129** (5), 770-814
- KANITZ, W. (2003): Follicular dynamic and ovulation in cattle - a review. *Archiv für Tierzucht* **46** (2), 187-198
- KARG, H. & SCHALLENBERGER, E. (1983): Regulation der ovariellen Steroidhormonsekretion post partum. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **70** (6/7), 238-243
- KARSCH, F. J., BITTMAN, E. L., FOSTER, D. L., GOODMAN, R. L., LEGAN, S. J. & OBINSON J. E. (1984): Neuroendocrine basis of seasonal reproduction . *Recent Progress in Hormone Research* **40**, 185-232
- KARSCH, F.J., MOENTER, S. M. & CARATY, A. (1992): The neuroendocrine signal for ovulation. *Animal Reproduction Science* **28** (1-4), 329-341
- KAZIMI, S. E. (1983): Observations on behavioural changes during oestrus in Nihil-Ravi buffalo heifers. *Pakistan Veterinary Journal* **3**, 88-90
- KERBRAT, S. & DISENHAUS, C. (2004): A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **87** (3-4), 223-238
- KIDDY, C. A., MITCHELL, D. S. & HAWK, H. W. (1984): Estrus-Related odors in body fluids of dairy cows. *Journal of Dairy Science* **67** (2), 388-391
- KIDDY, C. A. (1977): Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **60** (2), 235-243
- KILEY-WORTHINGTON, M. & DE LA PLAIN, S. (1983): The behaviour of beef suckler cattle (*Bos taurus*). Birkhauser Verlag, Basel
- KILEY, M. (1972): The Vocalizations of Ungulates, their Causation and Function. *Zeitschrift für Tierpsychologie* **31** (2), 171-222
- KILGOUR, R., SKARSCHOLT, B. H., SMITH, J. F., BREMNER, K. J. & ORRISON, M. C. L. (1977): Observation of the behaviour and factors influencing the sexually active group in cattle. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **37**, 128-135
- KING, G. J., HURNIK, J. F. & ROBERTSON, H. A. (1976): Ovarian function and estrus in dairy cows during early lactation. *Journal of Animal Science* **42** (3), 688-692
- KINSEL, M. L. & ETHERINGTON, W. G. (1998): Factors affecting reproductive performance in Ontario dairy herds. *Theriogenology* **50** (8), 1221-1238
- KNECHTEL, C. (1993): Brunstverhalten beim Kaffernbüffel (*Syncerus caffer caffer*) im Tierpark Berlin- Friedrichsfelde. *Zoologischer Garten N.F.* **63** (1), 32-58
- KOHLER, S. (2010): Die Brunst des Rindes automatisch erkennen. *Agrarforschung Schweiz* **1** (11+12), 438-441
- KOLB, E. (1989): Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, Teil II, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 660-738
- KOLERUS, J. (2000): Zustandsüberwachung von Maschinen. Expert Verlag



- KÖHRLE, J. & PETRIDES, P. E. (2007): Hypothalamisch-hypophysäres System und Zielgewebe. In: LÖFFLER, G., PETRIDES, P. E. & HEINRICH, P. C. [Hrsg.]: Biochemie und Pathobiochemie, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 841-891
- KURAOKA, K. & NAKAMURA, K. (2010): Chapter 5.3 - Vocalization as a specific trigger of emotional responses. In: Stefan, M. Brudzynski [Hrsg.]: Handbook of Mammalian Vocalization: An Integrative Neuroscience Approach **19**, 167-175
- LABVIEW (2004): National Instruments Corporation, Version 7.1, Austin, USA
- LADEWIG, J. & HART, B. L. (1980): Flehmen and vomeronasal organ function in male goats. *Physiology & Behavior* **24** (6), 1067-1071
- LANGBAUER, W. R., PAYNE, K. B., CHARIF, R. A., RAPAPORT, T. L. & OSBORN, F. (1991): African elephants respond to distant playbacks of low-frequency conspecific calls. *Journal of Experimental Biology* **157**, 35-46
- LANGBAUER, W. R. (2000): Elephant communication. *Zoo Biology* **19** (5), 425-445
- LAUBE, R. B., SEVEKE, L., HUBRICH, J. & MARX, G. (1988): Rechnergestützte Lautanalyse beim Kalb zum Nachweis lautontogenetischer Entwicklungsvorgänge. *Wissenschaftliche Zeitschrift der K-M-U. Leipzig, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe*. **37**, 238-244
- LEHMANN, C. (2007): Phonetik und Phonologie. Akustische Phonetik. Universität Erfurt. <http://www.christianlehmann.eu/ling/>. (14.05.2012)
- LEHRER, A. R., LEWIS, G. S. & AIZINBUD, E. (1992): Oestrus detection in cattle: recent developments. *Animal Reproduction Science* **28** (1-4), 355-362
- LEIDL, W. & STOLLA, R. (1976): Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. *Theriogenology* **6** (2-3), 237-249
- LEONG, K. M., ORTOLANI, A., BURKS, K. D., MELLEN, J. D. & SAVAGE, A. (2003): Quantifying acoustic and temporal characteristics of vocalizations for a group of captive African elephants (*Loxodonta africana*). *Bioacoustics* **13** (3), 213-231
- LEONG, K. M., ORTOLANI, A., GRAHAM, L. H. & SAVAGE, A. (2003): The use of low-frequency vocalizations in African elephant (*Loxodonta africana*) reproductive strategies. *Hormones and Behavior* **43**, 433-443
- LEWIS, G. S., AIZINBUD, E. & LEHRER, A. R. (1989): Changes in electrical resistance of vulvar tissue in Holstein cows during ovarian cycles and after treatment with prostaglandin F2a. *Animal Reproduction Science* **18** (1-3), 183-197
- LIDFORS, L. M. (1996): Behavioural effects of separating the dairy calf immediately or 4 days post-partum. *Applied Animal Behaviour Science* **49** (3), 269-283
- LIEBENBERG, O., POLTEN, S. & PORZIG, E. (1977): Untersuchungen von akustischen Reizen in ihrem stimulierenden Einfluss auf die Lokomotorik von Rindern. 1. Mitteilung: Syntax von Kälber- und Bullenlauten. *Archiv für Tierzucht* **20**, 357-365
- LIEBERMAN, P. & BLUMSTEIN, S. E. (1988): Speech physiology, speech perception and acoustic phonetics. Cambridge University, New York
- LIEBICH, H. G. (2009): Funktionelle Histologie der Haussäugetiere und Vögel: Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Schattauer Verlag, Stuttgart
- LIU, X. & SPAHR, S. L. (1993): Automated electronic activity measurement for detection of estrus in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **76** (10), 2906-2912

- LOEFFLER, K. (1994): Anatomie und Physiologie der Haustiere. UTB für Wissenschaft, Stuttgart
- LOPEZ, H., WU, Z., SATTER, L.D. & WILTBANK, M.C. (2004): Effect of dietary phosphorus concentration on estrous behavior of lactating dairy cows. *Theriogenology* **61** (2-3), 437-445
- LOPEZ, H., SATTER, L. D. & WILTBANK, M. C. (2004): A brief report on the relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **88** (3-4), 359-363
- LOPEZ, H., SATTER, L. D. & WILTBANK, M. C. (2004): Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* **81** (3-4), 209-223
- LOTTHAMMER, K.H. (1999): Umweltbedingte Fruchtbarkeitsstörungen. In: GRUNERT, E. & DE KRUIF, A. [Hrsg.]: Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind, Parey Verlag, Berlin, 307-336
- LOVENDAHL, P. & CHAGUNDA, M. G. G. (2010): On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **93** (1), 249-259
- LÖFFLER, G. (2007): Zellen und Organe - Hormone und Zytokine. In: LÖFFLER, G. & J SCHÖLMERICH, J. [Hrsg.]: Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 321-364
- LUCY, M.C., SAVIO, J. D., BADINGA, L., DE LA SOTA, R. L. & THATCHER, W. W. (1992): Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *Journal of Animal Science* **70**, 3615-3626
- LUCY M.C. (2001): ADSA Foundation Scholar Award. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *Journal of Dairy Science* **84**, 1277-1293
- LYIMO, Z. C., NIELEN, M., OUWELTJES, W., KRUIP, T. A. M. & EERDENBURG, F. J. C. M. (2000): Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology* **53** (9), 1783-1795
- MAATJE, K. & ROSSING, W. (1976): Detecting oestrus by measuring milk temperatures of dairy cows during milking. *Livestock Production Science* **3** (1), 85-89
- MAATJE, K., ROSSING, W. & WIERSMA, F. (1987): Temperature and activity measurements for oestrus and sickness detection in dairy cattle. In: Proceedings of the 3rd Symposium 'Automation in Dairying' by IMAG, Wageningen, 176-185
- MAATJE, K., LOEFFLER, S. H. & ENGEL, B. (1997): Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. *Journal of Dairy Science* **80** (6), 1098-1105
- MACHELETT, K. (1996): Das Lesen von Sonagrammen, Begleitendes Hypertext-Dokument zur Vorlesung, Universität München, <http://www.phonetik.uni-muenchen.de/SGL/SGLKap2.html>
- MACMILLAN, K. L. & CURNOW, R. J. (1977): Tail painting □ a simple form of oestrus detection in New Zealand dairy herds. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* **5** (4), 357-361
- MACMILLAN, K. L., DAY, A. M. & SMITH, J. F. (1980): Onset of oestrus and fertility in lactating dairy cows injected with an analogue of prostaglandin F2a, cloprostenol. *Animal Reproduction Science* **3** (3), 171-180

- MANSFELD, R., HOEDEMAKER, M. & DE KRUIF, A. (2006): 3.9 Zucht, Selektion und Bullenauswahl. In: DE KRUIF, A., MANSFELD, R. & HOEDEMAKER, M. [Hrsg.]: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Enke Verlag, Stuttgart
- MANSFELD, R., DE KRUIF A., HOEDEMAKER, M. & HEUWIESER, W. (1999): Fruchtbarkeitsüberwachung auf Herdenbasis. In: GRUNERT, E. & BERTCHOLD, M. [Hrsg.]: Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind. Parey Verlag, Berlin, 337-350
- MANTEUFFEL, G. & SCHÖN, P.C. (2004): STREMODO, ein innovatives Verfahren zur kontinuierlichen Erfassung der Stressbelastung von Schweinen bei Haltung und Transport. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf **47** (2), 173-181
- MANTEUFFEL, G., PUPPE, B. & SCHÖN, P. C. (2004): Vocalization of farm animals as a measure of welfare. Applied Animal Behaviour Science **88** (1-2), 163-182
- MARCHANT-FORDE, J. N., MARCHANT-FORDE, R. M. & WEARY, D. M. (2002): Responses of dairy cows and calves to each others vocalisations after early separation. Applied Animal Behaviour Science **78** (1), 19-28
- MARK, D. B. (2008): Introduction to clinical medicine. In: FAUCI, A. S., BRAUNWALD, E., KASPER, D. L., HAUSER, S. L., LONGO, D. L. & JAMESON, J. L. [Hrsg.]: Harrison's Principles of internal medicine. McGraw-Hill Publishing, 1-80
- MARX, D., VIANA, G. & GRUNERT, E. (1988): Ergebnisse aus der 25jährigen Fruchtbarkeitsüberwachung von zwei Milchviehherden der Universität Hohenheim. 2. Mitteilung: Zyklusdauer, stille Brunst und Ovarbefunde, Brunstvoraussage. Tierärztliche Umschau **43**, 453-459
- MARTHUR, A. J., EASDON, M. P. & GREGSON, K. (1992): Milk temperature and detection of oestrus in dairy cattle. Journal of Agricultural Engineering Research **51** (0), 29-46
- MCCOMB, K. & REBY, D. (2009): Communication in terrestrial mammals. [www.lifesci.sussex.ac.uk/cmvcr/Publications\\_files/MammalComm.pdf](http://www.lifesci.sussex.ac.uk/cmvcr/Publications_files/MammalComm.pdf). 1-11
- MCCOMB, K., MOSS, C., SAYIALEL, S. & BAKER, L. (2000): Unusually extensive networks of vocal recognition in African elephants. Animal Behaviour **59** (6), 1103-1109
- MCCOMB, K., D.REBY, L.BAKER, C.MOSS, & S.SAYIALEL (2003): Long-distance communication of acoustic cues to social identity in African elephants. Animal Behaviour **65**, 317-329
- MCHUGH, T. (1958): Social behavior of the American buffalo (*Bison bison bison*). Zoologica **43** (1), 1-40
- MCNATTY, K. P., HEATH, D. A., HENDERSON, K.M., LUN, S., HURST, P. R., ELLIS L. M., MONTGOMERY, G. W., MORRISON, L. & THURLEY, D. C. (1984): Some aspects of thecal and granulosa cell function during follicular development in the bovine ovary. Journal of the Society for Reproduction and Fertility **72**, 39-53
- MEE, J. F., MOYES, T., GLEESON, D. & O'BRIEN, B. (2002): A questionnaire survey of fertility management on dairy farms in the Republic of Ireland. Irish Veterinary Journal **55**, 122-128
- MEE, J. F. (2004): Temporal trends in reproductive performance in Irish dairy herds and associated risk factors. Irish Veterinary Journal **57** (3), 158-166
- MEINECKE, B. (2010): Reproduktion. Reproduktion bei weiblichen Haussäugetieren. In: ENGELHARDT, W. v. & BREVES, G. [Hrsg.]: Physiologie der Haustiere, 535-596

- METZGER, E., FREYTAG, R. & LEIDL, W. (1972): Gerät zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Vaginalschleimes für die Brunstfeststellung beim Rind. *Reproduction in Domestic Animals* **7** (2), 56-61
- MLOSZEWSKI, M. J. (1983): The behavior and ecology of the African buffalo. Cambridge University Press, Cambridge
- MOHAN, K. & PRAKASH, B. S. (2009): Changes in endogenous estrogens and expression of behaviors associated with estrus during the periovulatory period in Heatsynch treated Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Tropical Animal Health and Production* **42** (5), 947-952
- MOHAN, K., KUMAR, V., SARKAR, M. & PRAKASH, B. S. (2010): Temporal changes in endogenous estrogens and expression of behaviors associated with estrus during the periovulatory period in Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Tropical Animal Health and Production* **42** (1), 21-26
- MOHR, E. (2010): Biologische Rhythmen. In: ENGELHARDT, W. v. & BREVES, G. [Hrsg.]: *Physiologie der Haustiere*. Enke Verlag, Stuttgart, 673-678
- MONDAL, M., RAJKHOWA, C. & PRAKASH, B. S. (2006): Relationship of plasma estradiol-17 $\beta$ , total estrogen, and progesterone to estrus behavior in mithun (*Bos frontalis*) cows. *Hormones and Behavior* **49** (5), 626-633
- MONDAL, M., KARUNAKARAN, M., RAJKHOWA, C. & PRAKASH, B. S. (2008): Development and validation of a new method for visual detection of estrus in mithun (*Bos frontalis*). *Applied Animal Behaviour Science* **114** (1), 23-31
- MORROW, D. A. (1970): Diagnosis and prevention of infertility in cattle. *Journal of Dairy Science* **53** (7), 961-969
- MORROW, D. A., SWANSON, L. V. & HAFS, H. D. (1976): Estrous behavior and ovarian activity in peripuberal heifers. *Theriogenology* **6** (4), 427-435
- MOTTRAM, T., VELASCO-GARCIA, M., BERRY, P., RICHARDS, P., GHESQUIERE, J. & MASSON, L. (2002): Automatic on-line analysis of milk constituents (urea, ketones, enzymes and hormones) using biosensors. *Comparative Clinical Pathology* **11** (1), 50-58
- NEBEL R.L. (2003): The key to a successful reproductive management program. *Advances in Dairy Technology* **15**, 1-16
- NEBEL, R. L., WHITTIER, W. D., CASSELL, B. G. & BRITT, J. H. (1987): Comparison of on-farm and laboratory milk progesterone assays for identifying errors in detection of estrus and diagnosis of pregnancy. *Journal of Dairy Science* **70** (7), 1471-1476
- NEBEL, R. L. & MCGILLIARD, M. L. (1993): Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **76** (10), 3257-3268
- NEBEL, R. L., WALKER, W. L., MCGILLIARD, M. L., ALLEN, C. H. & HECKMAN, G. S. (1994): Timing of artificial insemination of dairy cows: fixed time once daily versus morning and afternoon. *Journal of Dairy Science* **77** (10), 3185-3191
- NEBEL, R. L., DRANSFIELD, M. G., JOBST, S. M. & BAME, J. H. (2000): Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science* **60-61**, 713-723

- NEBEL, R. L. & JONES, C. M. (2002): Mating management: Detection of estrus. In: ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W. & FOX, P. F. [Hrsg.]: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, 1757-1763
- O'CONNOR, M. L. (2007): Estrus detection. In: SAUNDERS, W. B. [Hrsg.]: *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Saint Louis, 270-278
- ORIHUELA, A., GALINA, C. S. & DUCHATEAU, A. (1988): Behavioral patterns of Zebu bulls towards cows previously synchronized with prostaglandin F<sub>2</sub>alpha. *Applied Animal Behaviour Science* **21** (3), 267-276
- ORIHUELA, A. (2000): Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science* **70** (1), 1-16
- OWREN, M., RENDALL, D. & BACHOROWSKI, J. A. (2005): Conscious and unconscious emotion in nonlinguistic vocal communication. In: BARRETT, L. F. & NIEDENTHAL, P. M. & WINKIELMAN, P. [Hrsg.]: *Emotion and consciousness*. Guilford Press, New York, 185-204
- OWREN, M. J., SEYFARTH, R. M. & D.CHENEY (1997): The acoustic features of vowel-like grunt calls in chacma baboons (*Papio cyncephalus ursinus*): Implications for production processes and functions. *Journal of the Acoustical Society of America* **101** (5), 2951-2963
- OWREN, M. J. & BERNACKI, R. H. (1998): Applying linear predictive coding (LPC) to frequency-spectrum analysis of animal acoustic signals. In: HOPP, S. L., OWREN, M. J. & EVANS, C. S. [Hrsg.]: *Animal acoustic communication - sound analysis and research methods*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 129-162
- OWREN, M. J. & RENDALL, D. (2001): Sound on the rebound: Bringing form and function back to the forefront in understanding nonhuman primate vocal signaling. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* **10** (2), 58-71
- OWREN, M.J. & LINKER, C.D. (1995): Some analysis methods that may be useful to acoustic primatologists. In: ZIMMERMANN, E., NEWMAN, J. D. & JÜRGENS, U. [Hrsg.]: *Current topics in primate vocal communication*. Plenum Press, New York, 1-27
- OWREN, M.J. & RENDALL, D. (1997): An affect-conditioning model of nonhuman primate vocal signaling. In: OWINGS, D. H., BECHER, M. D. & THOMPSON, N. S. [Hrsg.]: *Plenum Press, New York*, 299-346
- PALMER, M. A., OLMOS, G., BOYLE, L. A. & MEE, J. F. (2010): Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein-Friesian cows. *Theriogenology* **74** (2), 255-264
- PALMER, M. A., OLMOS, G., BOYLE, L. A. & MEE, J. F. (2012): A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. *Theriogenology* **77** (2), 382-388
- PECSOK, S. R., MCGILLIARD, M. L. & NEBEL, R. L. (1994): Conception rates. 1. Derivation and estimates for effects of estrus detection on cow profitability. *Journal of Dairy Science* **77** (10), 3008-3015
- PENNINGTON, J. A., ALBRIGHT, J. L., DIEKMAN, M. A. & CALLAHAN, C. J. (1985): Sexual Activity of Holstein Cows: Seasonal Effects. *Journal of Dairy Science* **68** (11), 3023-3030

- PENNINGTON, J. A., ALBRIGHT, J. L. & CALLAHAN, C. J. (1986): Relationships of Sexual Activities in Estrous Cows to Different Frequencies of Observation and Pedometer Measurements. *Journal of Dairy Science* **69** (11), 2925-2934
- PENNINGTON, J. A. & CALLAHAN, C. J. (1986): Use of mount detectors plus chalk as an estrous detection aid for dairy cattle. *Journal of dairy science* **69** (1), 248-252
- PERALTA, O. A., PEARSON, R. E. & NEBEL, R. L. (2005): Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science* **87** (1-2), 59-72
- PETER, A. T. & BOSU, W. T. K. (1986): Postpartum ovarian activity in dairy cows: Correlation between behavioral estrus, pedometer measurements and ovulations. *Theriogenology* **26** (1), 111-115
- PHILIPS, C. (2010): Breeding and reproduction. In: PHILLIPS, C. J. C. [Hrsg.]: Principles of cattle production. Cambridge University Press, Cambridge, 50-74
- PHILLIPS, C. J. C. & SCHOFIELD, S. A. (1990): The effect of environment and stage of the oestrous cycle on the behaviour of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **27** (1-2), 21-31
- PHILLIPS, C. J. C. (2002): Environmental perception and cognition. In: PHILLIPS, C. J. C. [Hrsg.]: Cattle behaviour and welfare. Blackwell Science Ltd., 49-61
- PLATEN, M. (1997): Physiologie und Management der Beziehungen zwischen Fruchtbarkeit und Milchproduktion bei Hochleistungskühen. Dissertationsschrift, FU Berlin
- POOLE, J. H. (1999): Signals and assessment in African elephants: evidence from playback experiments. *Animal Behavior* **58**, 185-193
- POOLE, J. H. (1987): Rutting behaviour in African elephants: the phenomenon of musth. *Behaviour* **102**, 283-316
- POPESKO, P. (2007): Atlas der topographischen Anatomie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart
- PUPPE, B., SCHÖN, P. C., TUCHSCHERER, A. & MANTEUFFEL, G. (2005): Castration-induced vocalisation in domestic piglets, *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality. *Applied Animal Behaviour Science* **95** (1-2), 67-78
- RABINER, LR. & SCHAFFER, RW. (2007): Introduction to digital speech processing. Now Publisher Inc., Boston
- RAE, D. O., CHENOWETH, P. J., GIANGRECO, M. A., DIXON, P. W. & BENNETT, F. L. (1999): Assessment of estrus detection by visual observation and electronic detection methods and characterization of factors associated with estrus and pregnancy in beef heifers. *Theriogenology* **51** (6), 1121-1132
- RAJAMAHENDRAN, R., ROBINSON, J., DESBOTTES, S. & WALTON, J. S. (1989): Temporal relationships among estrus, body temperature, milk yield, progesterone and luteinizing hormone levels, and ovulation in dairy cows. *Theriogenology* **31** (6), 1173-1182
- RANASINGHE, R. M., NAKAO, T., YAMADA, K., KOIKE, K., HAYASHI, A. & DEMATAWEWA, C. M. (2011): Characteristics of prolonged luteal phase identified by milk progesterone concentrations and its effects on reproductive performance in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **94**, 116-127

- RANASINGHE, R. M., NAKAO, T. & KOBAYASHI, A. (2009): Incidence of error in oestrus detection based on secondary oestrus signs in a 24-h tie-stalled dairy herd with low fertility. *Reproduction in Domestic Animals* **44** (4), 643-646
- RAO, N. M. & KODAGALI, SB. (1983): Onset of oestrus, oestrus signs and optimum time of artificial insemination in Surti buffaloes (India). *Indian Journal of Animal Science* **53**, 553-555
- RAPNICKI, P., STEWART, S. & EICKER, S. (2001): Dairy herd reproductive records. Proc. Four-State Applied Nutrition and Management Conference. Zit. in: FRICKE, P. M. (2004): 14,000 Kg and Beyond - Current Benchmarks and Future Challenges for Dairy Cattle Reproduction. *Advances in Dairy Technology* **16**, 9-22
- RASMUSSEN, L. E., SCHMIDT, M. J., HENNEOUS, R., GROVES, D. & DAVES, G. D. (1982): Asian bull elephants: Flehmen-like responses to extractable components in female elephant estrous urine. *Science* **217** (4555), 159-162
- RATHBONE, M. J., KINDER, J. E., FIKE, K., KOJIMA, F., CLOPTON, D., OGLE, C. R. & BUNT, R. (2001): Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. *Advanced Drug Delivery Reviews* **50** (3), 277-320
- REBY, D., ANDRE-OBRECHT, R., GALINIER, A., FARINAS, J. & CARGNELUTTI, B. (2006): Cepstral coefficients and hidden Markov models reveal idiosyncratic voice characteristics in red deer (*Cervus elaphus*) stags. *Journal of the Acoustical Society of America* **120** (6), 4080-4089
- REBY, D. & MCCOMB, K. (2003): Vocal communication and reproduction in deer. *Advances in the Study of Behavior* **33**, 231-264
- REBY, D. & MCCOMB, K. (2003): Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. *Animal Behaviour* **65** (3), 519-530
- REBY, D., CHARLTON, B. D., LOCATELLI, Y. & MCCOMB, K. (2010): Oestrous red deer hinds prefer male roars with higher fundamental frequencies. *Proceedings of the Royal Society B*
- REETZ, H. (2003): II. Methoden der Psycholinguistik. Spezielle Verfahren V: Analyse und Synthese von Sprachlauten. In: RICKHEIT, G., HERRMANN, T. & DEUTSCH, W. [Hrsg.]: *Psycholinguistik, Psycholinguistics. Ein internationales Handbuch 2. Methoden der Psycholinguistik* Walter de Gruyter, Berlin, 202-212
- RICHARDS, D. G. & WILEY, R. H. (1980): Reverberations and amplitude fluctuations in the propagation of sound in a forest: implications for animal communication. *The American Naturalist* **115** (3), 381-399
- ROBINSON, T. J. (1977): Reproduction in cattle. In: COLE, H. H. & CUPPS, P.T. [Hrsg.]: *Reproduction in domestic animals*. Academic Press, New York, 433-454
- ROELOFS, J., BOUWMAN, E. G., DIELEMAN, S. J., VAN EERDENBURG F. J. C. M., KAAL-LANSBERGEN, N. M., SOEDE N. M. & KEMP, B. (2004): Influence of repeated rectal ultrasound examinations on hormone profiles and behaviour around oestrus and ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **62**, 1337-1352
- ROELOFS, J., LOPEZ-GATIUS, F., HUNTER, R. H. F., VAN EERDENBURG, F. J. C. M. & HANZEN, C. (2010): When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* **74** (3), 327-344

- ROELOFS, J. B., VAN EERDENBURG, F. J. C. M., SOEDE, N. M. & KEMP, B. (2005): Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **64** (8), 1690-1703
- ROELOFS, J. B., VAN EERDENBURG, F. J. C. M., SOEDE, N. M. & KEMP, B. (2005): Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **63** (5), 1366-1377
- ROSSOW, N. (2006): Fruchtbarkeitsmanagement in Milchviehbeständen (Teil 2). <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=108>
- ROTH, H. (1987): Automatisches Erkennen des Konzeptionsoptimums bei Milchkühen mit Hilfe rechnergestützter Systeme zur Herdenüberwachung (Automatic detection of oestrus in dairy cows by computer aided systems). *Landbauforschung Volkenrode Sonderheft* **83**
- RUBIN, P. & VATIKIOTIS-BATESON, E. (1998): Measuring and modelling speech production. In: HOPP, S. L., OWREN, M. J. & EVANS, C. S. [Hrsg.]: *Animal acoustic communication - sound analysis and research methods*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 251-290
- RUSSEL, J. A. & FERNANDEZ-DOLS, J. M. (1997): Part 1- What does facial expression mean? In: *The physiology of facial expression*. Cambridge University Press, Cambridge 3-15
- SAMBRAUS, H. H. (1969): Das Bespringen von Artgenossen durch weibliche Rinder. *Reproduction in Domestic Animals* **4** (4), 159-169
- SAMBRAUS, H. H. (1978): *Nutztierethologie*. Paul Parey Verlag, Berlin
- SANGSRITAVONG, S., COMBS, D. K, SARTORU, R., ARMENTANO, L. E. & WILTBANK, M. C. (2002): High feed intake increases liver bloodflow and metabolism of progesterone and estradiol-17 in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **85**, 2831-2842
- SANGSRITAVONG, S. (2002): *Studies of steroid metabolism in dairy cattle*. Dissertationsschrift, University of Wisconsin
- SARTORI, R., HAUGHIAN, J. M., SHAVER, R. D., ROSA, G. J. M. & WILTBANK, M. C. (2004): Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *Journal of Dairy Science* **87** (4), 905-920
- SAS, (2004): SAS INSTITUTE INC., Version 9.1, Cary, NC, USA
- SAUMANDE, J. (2002): Electronic detection of oestrus in postpartum dairy cows: efficiency and accuracy of the DEC« (showheat) system. *Livestock Production Science* **77** (2-3), 265-271
- SAUMANDE, J. & HUMBLLOT, P. (2005): The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinants. *Animal Reproduction Science* **85** (3-4), 171-182
- SAVIO, J. D., KEENAN, L., BOLAND, M. P. & ROCHE, J. F. (1988): Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* **83**, 663-671
- SAVIO, J. D., BOLAND, M. P. & ROCHE, J. F. (1990): Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility* **88** (2), 581-591
- SCHALLER, G. B. (1967): *The deer and the tiger: A study of wildlife in India*. University of Chicago Press, Chicago



- SCHAMS, D. & BUTZ, H. D. (1972): Zeitliche Beziehungen zwischen Brunstsymptomen, elektrischen Widerstandsveränderungen des Vaginalsehims, präovulatorischer Ausschüttung des Luteinisierungshormons und Ovulation beim Rind. *Reproduction in Domestic Animals* **7** (2), 49-56
- SCHAMS, D., SCHALLENBERGER, E., HOFFMANN, B. & KARG, H. (1977): The oestrous cycle of the cow: hormonal parameters and time relationships concerning oestrus, ovulation, and electrical resistance of the vaginal mucus. *Acta Endocrinologica* **86** (1), 180-192
- SCHERER, K. R. (1995): Expression of emotion in voice and music. *Journal of Voice* **9** (3), 235-248
- SCHILLING, E. & ZUST, J. (1967): Untersuchungen zur Brunstfeststellung beim Rind 1. Mitteilung Die Wasserstoffionenkonzentration intra vaginam und von Brunstsekreten in vitro. *Reproduction in Domestic Animals* **2** (4), 156-163
- SCHILLING, E. (1969): Methoden der Brunstfeststellung. *Der Tierzüchter* **21**, 11-14
- SCHLOETH, R. (1961): Das Sozialleben des Camargue-Rindes. *Zeitschrift für Tierpsychologie* **18** (5), 574-627
- SCHLÜNSEN, D., SCHÖN, H. & ROTH, H. (1987): Automatic detection of oestrus in dairy cows. In: *Proceedings of the 3rd Symposium 'Automation in Dairying'* by IMAG, Wageningen, 166-175
- SCHMIDT-NIELSEN, K. (1999): *Physiologie der Tiere*. Spektrum Verlag, Berlin, Heidelberg
- SCHNEIDER, F., BELLMAN, A., BECKER, F., BAMBANG POERNOM, S., REHFELD, C., NÜRNBERG, G. & KANITZ, W. (2002): Gonadotropin release in periovulatory heifers after GnRH analogs measured by two types of immunoassays. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* **110** (5), 235-244
- SCHOFIELD, S. A., PHILLIPS, C. J. C. & OWENS, A. R. (1991): Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows. *Animal Reproduction Science* **24** (3-4), 231-248
- SCHÖN, P. C., PUPPE, B. & MANTEUFFEL, G. (2000): Classification of stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*) using LPC-analysis and a self organizing neural network. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf* **43** (Sonderheft), 177-183
- SCHÖN, P. C., HÄMEL, K. & KANITZ, W. (2005): Verfahren zur Erkennung der Brunst. German Pat.No.10 2005 032 240.9.
- SCHÖN, P. C., HÄMEL, K., PUPPE, B., TUSCHERER, A., KANITZ, W. & MANTEUFFEL, G. (2006): Untersuchungen zur Veränderung der Vokalisationshäufigkeit während der Brunst beim Milchrind. *Züchtungskunde* **78** (3), 336-344
- SCHÖN, P. C., HÄMEL, K., PUPPE, B., TUCHSCHERER, A., KANITZ, W. & MANTEUFFEL, G. (2007): Altered vocalization rate during the estrous cycle in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **90** (1), 202-206
- SCHÖN, P. C., DÜPJAN, S. & MANTEUFFEL, G. (2009): Automatic detection of pig vocalization as a management tool on precision livestock farming. In: *Precision Livestock Farming '09. Papers presented at the 4th European Conference on Precision Livestock Farming*, Wageningen, 289-296

- SCHÖN, P. C., PUPPE, B. & MANTEUFFEL, G. (2001): LPC-analysis and Self Organizing Feature Map (SOFM) as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). *Journal of the Acoustical Society of America* **110**, 1425-1431
- SCHÖN, P. C.: mündliche Mitteilung
- SCHRADER, L. & HAMMERSCHMIDT, K. (1997): Computer-aided analysis of acoustic parameters in animal vocalizations. *Bioacoustics Journal* **7** (4), 247-265
- SCHRADER, L. & TODT, D. (1998): Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Ethology* **104**, 859-876
- SCHUKAT-TALAMAZZINI, E.G. (1995): Automatische Spracherkennung - Statistische Verfahren der Musteranalyse. Habilitationsschrift, Universität Erlangen
- SEARBY, A. & JOUVENTIN, P. (2003): Mother-lamb acoustic recognition in sheep: a frequency coding. *Proceedings of the Royal Society B* **270**, 1765-1771
- SEMPLE, S. (1998): The function of Barbary macaque copulation calls. *Proceedings of the Royal Society B* **265**, 287-291
- SEMPLE, S. & MCCOMB, K. (2000): Perception of female reproductive state from vocal cues in a mammal species. *Proceedings of the Royal Society B* **267** (1444), 707-712
- SEMPLE, S. (2001): Individuality and male discrimination of female copulation calls in the yellow baboon. *Animal Behaviour* **61** (5), 1023-1028
- SENGER, P.L. (2003): Review:Fertility Factors in High Producing Dairy Cows-Which Ones Are Really Important? *The professional animal scientist* **17**, 129-138
- SENGER, P. L. (1994): The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *Journal of dairy science* **77** (9), 2745-2753
- SEYFARTH, R. M, CHENEY, D. L. (2003): Signalers and receivers in animal communication. *Annu Rev Psychol.* **54** 145-173
- SINCLAIR, A. R. (1977): *The African buffalo: A study of resource limitation of populations.* University of Chicago Press, Chicago
- SINGH, G., SINGH, B. C., SHARMA, S. S. & SHARMA, R. D. (1984): Studies on oestrous symptoms of buffalo heifers. *Theriogenology* **21** (6), 849-858
- SMITH, J. W., SPAHR, S. L. & PUCKETT, H. B. (1989): Electrical conductivity of reproductive tissue for detection of estrus in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **72** (3), 693-701
- STEHULOVA, I., LIDFORS, L. & SPINKA, M. (2008): Response of dairy cows and calves to early separation: Effect of calf age and visual and auditory contact after separation. *Applied Animal Behaviour Science* **110** (1-2), 144-165
- STÖBER, M. & GEIGER, F. (1975): Untersuchungen über das klagende „Anken“ beim Hausrind. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **82**, 10-13
- STURMAN, H., OLTENACU, E. A. B. & FOOTE, R. H. (2000): Importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology* **53** (8), 1657-1667
- SVEBERG, G., REFSDAL, A. O., ERHARD, H. W., KOMMISRUUD, E., ALDRIN, M., TVETE, I. F., BUCKLEY, F., WALDMANN, A. & ROPSTAD, E. (2011): Behavior of lactating Holstein-Friesian cows during spontaneous cycles of estrus. *Journal of Dairy Science* **94** (3), 1289-1301
- TEMBROCK G. (1982): *Tierstimmenforschung- Einführung in die Bioakustik.* Die Neue Brehm Bücherei, Wittenberg

- TEMBROCK, G. (1996): Akustische Kommunikation bei Säugetieren. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- TEMBROCK, G. (1984): Verhalten bei Tieren. Die Neue Brehm Bücherei, Wittenberg
- TERRAZAS, A., SERAFIN, N., HERNANDEZ, H., NOWAK, R. & POINDRON, P. (2003): Early recognition of newborn goat kids by their mother: II. Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate. *Developmental Psychobiology* **43** (4), 311-320
- TITZE, I. R. (1994): Principles of voice production. Prentice Hall, New Jersey
- TOBER, O., SANFTLEBEN, P. & FLOR, J. (2009): Untersuchungen zur zirkadianen Aktivitäts- und Ruherhythmik bei Milchkühen mit unterschiedlichem Leistungsniveau mit Hilfe telemetrischer Pedometer-Logger. Jahresbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V. LFA [Hrsg.] **42**, 13
- TOKUDA, I., RIEDE, T., NEUBAUER, J. & HERZEL, H. (2002): Nonlinear analysis of irregular animal vocalizations. *Journal of the Acoustical Society of America* **111** (6), 2908-2919
- TORRIANI, M. V., VANNONI, E. & MCELLIGOTT, A. G. (2006): Mother-young recognition in an ungulate hider species: a unidirectional process. *The American Naturalist* **168** (3), 412-420
- TRIMBERGER, G. W. & HANSEL, W. (1955): Conception rate and ovarian function following estrus control by progesterone injections in dairy cattle. *Journal of Animal Science* **14**, 224-232
- TRIMBERGER, G. W. (1956): Ovarian functions, intervals between estrus, and conception rates in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **39** (4), 448-455
- TRIMBERGER, G. W. & DAVIS, H. P. (1943): Breeding efficiency in dairy cattle bred at various stages of estrus by artificial insemination. *Journal of Dairy Science* **26**, 757-759
- TRIMBERGER, G. W. (1941): Menstruation Frequency and its Relation to Conception in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **24** (9), 819-823
- TUREK, F. W., LOSEE-OLSON, S., SWANN, J. M., HORWATH, K., VAN CAUTER, E. & MILETTE, J.J. (1987): Circadian and seasonal control of neuroendocrine-gonadal activity. *Journal of Steroid Biochemistry* **27** (1- 3), 573-579
- VAILES, L.D., WASHBURN, S.P. & BRITT, J.H. (1992): Effects of various steroid milieus or physiological states on sexual behavior of Holstein cows. *Journal of Animal Science* **70** (7), 2094-2103
- VAN EERDENBURG, F. J., LOEFFLER, H. S. & VAN VLIET, J. H. (1996): Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Veterinary Quarterly* **18** (2), 52-54
- VAN EERDENBURG, F. J. C. M., KARTHAUS, D., TAVERNE, M. A. M., MERICS, I. & SZENCI, O. (2002): The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **85** (5), 1150-1156
- VAN EERDENBURG, F. J. C. M. (2006): Estrus detection in dairy cattle: How to beat the bull. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* **75** (2A), 61-69
- VAN EERDENBURG, F. J. C. M. (2008): persönliche Mitteilung (E-mail)
- VAN VLIET, J. H. & VAN EERDENBURG, F. J. C. M. (1996): Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science* **50** (1), 57-69

- VANKOVA, D. O. M. I. & MALEK, J. A. N. (1997): Characteristics of the vocalizations of red deer (*Cervus elaphus*) hinds and calves. *Bioacoustics* **7** (4), 281-289
- VARNER, M. A. & GRAY, H. G. (1987): Signs of estrus and improving detection of estrus in beef cattle. *Maryland Beef Cattle Handbook*. Beef Fact Sheet R-2.
- VOLODIN, I. A., VOLODINA, E. V. & FILATOVA, O. A. (2005): Structure, occurrence and functional significance of nonlinear phenomena in sounds of terrestrial mammals. *Zh. Obshch. Biol.* **66** (4), 346-362 (Abstract)
- VON BORELL, E. & LADEWIG, J. (1992): Relationship between behaviour and adrenocortical response pattern in domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* **34** (3), 195-206
- WALKER, S. L., SMITH R.F., JONES D.N., ROUTLY J.E. & DOBSON, H. (2007): Chronic stress, hormone profile and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior* **53** (3), 493-501
- WALKER, S. L., SMITH, R. F., ROUTLY, J. E., JONES, D. N., MORRIS, M. J. & DOBSON, H. (2008): Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **91** (12), 4552-4559
- WALKER, S. L., SMITH, R. F., JONES, D. N., ROUTLY, J. E., MORRIS, M. J. & DOBSON, H. (2010): The Effect of a Chronic Stressor, Lameness, on Detailed Sexual Behaviour and Hormonal Profiles in Milk and Plasma of Dairy Cattle. *Reproduction in Domestic Animals* **45** (1), 109-117
- WALKER, W. L., NEBEL, R. L. & MCGILLIARD, M. L. (1996): Time of Ovulation Relative to Mounting Activity in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **79** (9), 1555-1561
- WANGLER, A., ANNEGRET MEYER, REHBOCK, F. & SANFTLEBEN, P. (2005): Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der Brunsterkennung bei Milchrindern? *Züchtungskunde* **77** (2/3), 110-127
- WASHBURN, S. P., SILVIA, W. J., BROWN, C. H., MCDANIEL, B. T. & MCALLISTER, A. J. (2002): Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *Journal of Dairy Science* **85**, 244-251
- WATTS, J. M. & STOOKEY, J. M. (2000): Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **67** (1-2), 15-33
- WATTS, J. M. & STOOKEY, J. M. (1999): Effects of restraint and branding on rates and acoustic parameters of vocalization in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **62** (2-3), 125-135
- WATTS, J. M. & STOOKEY, J. M. (2001): The propensity of cattle to vocalise during handling and isolation is affected by phenotype. *Applied Animal Behaviour Science* **74** (2), 81-95
- WATTS, J. M., STOOKEY, J. M., SCHMUTZ, S. M. & WALTZ, C. S. (2001): Variability in vocal and behavioural responses to visual isolation between full-sibling families of beef calves. *Applied Animal Behaviour Science* **70** (4), 255-273
- WEARY, D. M. & FRASER, D. (1995): Signalling need: costly signals and animal welfare assessment. *Applied Animal Behaviour Science* **44** (2-4), 159-169
- WEARY, D. M. & CHUA, B. (2000): Effects of early separation on the dairy cow and calf: 1. Separation at 6 h, 1 day and 4 days after birth. *Applied Animal Behaviour Science* **69** (3), 177-188

- WENDL, G. & KLINDWORTH, K. (1997): Einsatz von elektronischen Schrittzählern (Pedometer) zur Brunsterkennung bei Milchkühen. Beiträge zur 3. Internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, Kiel
- WILDEN, I., HERZEL, H., PETERS, G. & TEMBROCK, G. (1998): Subharmonics, biphonation and deterministic chaos in mammal vocalization. *Bioacoustics* **9** (3), 171-196
- WILLIAMS, W. F., YVER, D. R. & GROSS, T. S. (1981): Comparison of estrus detection Techniques in Dairy Heifers. *Journal of Dairy Science* **64** (8), 1738-1741
- WILLIAMSON, N. B., MORRIS, R. S., BLOOD, D. C., CANNON, C. M. & WRIGHT, P. J. (1972): A study of oestrous behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. II. Oestrous signs and behaviour patterns. *Veterinary Record* **91** (3), 58-62
- WILLIAMSON, N. B., MORRIS, R. S., BLOOD, D. C. & CANNON, C. M. (1972): A study of oestrous behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. I. The relative efficiency of methods of oestrus detection. *Veterinary Record* **91** (3), 50-58
- WILLIAMSON, N. B., BUTLER, K., BAILEY, D. & ALAWNEH, J. (2005): Automated Heat Detection for Dairy Cows. In: Proceedings of the 3rd Dairy3 Conference. New Zealand **3**, 101-107
- WILTBANK, M., LOPEZ, H., SARTORI, R., SANGSRITAVONG, S. & GÜMEN, A. (2006): Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* **65** (1), 17-29
- XU, Z. Z., MCKNIGHT, D. J., VISHWANATH, R., PITT, C. J. & BURTON, L. J. (1998): Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* **81** (11), 2890-2896
- YEON, S. C., JEON, J. H., HOUP, K. A., CHANG, H. H., LEE, H. C. & LEE, H. J. (2006): Acoustic features of vocalizations of Korean native cows (*Bos taurus coreanae*) in two different conditions. *Applied Animal Behaviour Science* **101** (1-2), 1-9
- YOSHIDA, C. & NAKAO, T. (2005): Some characteristics of primary and secondary oestrous signs in high-producing dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals* **40** (2), 150-155
- ZIMMERMAN, P. H. & KOENE, P. (1998): The effect of frustrative nonreward on vocalisations and behaviour in the laying hen, *Gallus gallus domesticus*. *Behavioural Processes* **44** (1), 73-79
- ZUBE, P. & FRANKE, C. (2007): Fruchtbarkeit von Milchkühen in Brandenburg, Untersuchungen zum Fruchtbarkeitsmanagement. Abschlussbericht des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung. In: MLUV & LVLV [Hrsg.], Brandenburg

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Relative Veränderungen der Primär- und Sekundär-Verhaltensmerkmale weiblicher Tiere im brunstnahen Zeitraum (nach O'CONNOR, 2007; weißes Tier = brünstiges Tier).....	10
Abb. 2.2:	Aktivitätssensoren (a) im Bereich des Vordermittelfußknochens oberhalb des Fesselgelenkes (Pedometer) sowie (b) am Halsband integriert (Respaktor) (WANGLER et al., 2005).....	22
Abb. 2.3:	Junge Färse, Medianschnitt durch den Kopf, Aufbau mit den wichtigsten den Lauterzeugungsapparat betreffenden Merkmalen (kombiniert und verändert nach POPESKO, 2007).....	32
Abb. 4.1:	Lautaufnahme in Anbindehaltung mit Abstand zum Nachbar-tier. (1) sicher angebrachtes stationäres Mikrofon (nicht sichtbar) mit Sender; (2) stationäre Empfangseinheit; (3) Computer mit Lautaufnahmeprogramm .....	46
Abb. 4.2:	Untersuchungen in V 2. (1) stationäres Mikrofon mit Sendereinheit; (2) Industriekamera; Technikschränk mit: (5) TFT-Monitor (für die Kameraeinstellung); (6) Computer mit Lautaufnahmeprogramm; (7) stationäre Empfangseinheit; (8) Videorekorder mit Zeitraffer-Funktion (time-lapse).....	47
Abb. 4.3:	Darstellung des Schnittprogramms bei einem typischen Jungrinderlaut mit Ansicht (A) des Zeitsignals, (B) Sonagramm und (D) Lauttabellen (Dauer ca. 2 sec., Erläuterung siehe Text).....	51
Abb. 4.4:	Akustische Strukturen typischer Jungrinderlaute bestehend aus hauptsächlich harmonischen („Muh“) und disharmonischen („Brüll“) Lautkomponenten (Zeitsignal-Sonagramm, Cepstrum, Hüllkurve des Cepstrum).....	53
Abb. 5.1:	Verlauf der Vokalisation ( $V_{ges}$ ), Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration der Jungtiere im Untersuchungszeitraum in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ , $n_{Brunst} = 30$ ) .....	62
Abb. 5.2:	Tagesverlauf der Vokalisation am Brunsttag (d 0) aller Tiere mit mindestens einem Lautereignis in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ , $n = 3$ Parallelen) .....	64
Abb. 5.3:	Verlauf der Vokalisation ( $V_{ges}$ ), der Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration der Jungtiere im Untersuchungszeitraum in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ , $n_{Brunst} = 26$ ).....	67
Abb. 5.4:	Tagesverlauf der Gesamtvokalisation am Östrus aller Tiere mit mindestens einem Lautereignis in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ , $n_{Brunsten} = 14$ ).....	69
Abb. 5.5:	Vergleich der Vokalisation ( $V_{ges}$ ), Verlauf der Progesteron- und Östradiol-17 $\beta$ -Konzentration (LSM $\pm$ SE) im Untersuchungszeitraum in Anbinde- (schwarze Farbe) und Gruppenhaltung (graue Farbe).....	71
Abb. 5.6:	Vergleichende Betrachtung des relativen disharmonischen Anteils am Gesamtlaut (%) über verschiedene Untersuchungsphasen zwischen den Haltungssystemen. Anb - Anbindehaltung, Gru - Gruppenhaltung (LSM $\pm$ SE, $n_{Brunst} = 20$ ).....	73

---

Abb. 5.7:	Häufigkeit und Dauer der Zykluslänge (n) in Anbinde- ( $n_{\text{Brunst}} = 30$ ) und Gruppenhaltung ( $n_{\text{Brunst}} = 27$ ), Angaben zur Tieranzahl (n) des jeweiligen Intervalls stehen oberhalb des Balkens (Anb_Gru).....	<b>76</b>
Abb. 5.8:	Mittlere Anzahl der untersuchten Verhaltensparameter am d 0 in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ , $n_{\text{Brunst}} = 29$ ) und Anteil Östren (in %) in denen dieses Merkmal wenigstens einmal gezeigt worden ist (über dem Balken).....	<b>77</b>
Abb. 6.1:	Ausprägung der untersuchten Verhaltensparameter in verschiedenen Zyklusphasen im Vergleich am Brunstag ( $\bar{x} \pm s$ , Vokalisation = jeder Laut gewertet) .....	<b>101</b>

## 11 Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Dauer des Östrus beim Rind anhand eines definierten Merkmals nach verschiedenen Autoren ( $h \pm SD$ , wenn beschrieben).....	4
Tab. 2.2:	Kennzeichen von Verhaltensmerkmalen und klinischen Parametern in brunstnahen Zyklusphasen mit Angaben zur Dauer des Östrus beim weiblichen Rind nach Literaturangaben (nach HURNIK et al., 1975; JAINUDEEN & HAFEZ, 2000; CROWE, 2002; BOSTEDT, 2003).....	7
Tab. 2.3:	Definition der Fruchtbarkeitskennziffern, die die Fruchtbarkeitsleistung einer Herde betreffen (FEUCKER, 2005; SENGER, 2003; HEUWIESER, 2006).....	12
Tab. 2.4:	Kriterien zur Evaluierung der Leistungsfähigkeit von Brunsterkennungsmethoden und -hilfsmitteln (nach FIRK et al., 2002; ROELOFFS et al., 2010) .....	14
Tab. 2.5:	Punktesystem zum Brunstverhalten und Angabe zur Wertung (nach VAN EERDENBURG et al., 1996) .....	17
Tab. 2.6:	Effizienz der Brunstbeobachtung gegenüber Hilfsmitteln (BER in % mit Angaben der Fehlerrate (FR), wenn angegeben) .....	26
Tab. 2.7:	Lautkommunikation beim Rind und anderen landwirtschaftlichen Nutztieren sowie Paarhufern .....	30
Tab. 4.1:	Geburtsdatum und Lebendmasse [kg] im Untersuchungszeitraum der Probanden .....	43
Tab. 4.2:	Untersuchungsparameter und Untersuchungszeitraum.....	45
Tab. 4.3:	Ethogramm zum Brunstverhalten mit Definition und Angabe zur Wertung (Punktevergabe) <sup>1</sup> .....	54
Tab. 4.4:	Anzahl der Wiederholungen der Brunsten je Tier für die Datenerfassung der Vokalisationsauswertung in V 1 und V 2 sowie den Vergleich beider Haltungssysteme (in Klammern).....	56
Tab. 4.5:	Definition der untersuchten Merkmale zum Brunstverhalten .....	60
Tab. 5.1:	P <sub>4</sub> - und E <sub>2</sub> -Konzentrationen im Untersuchungszeitraum Interöstrus-„vor“, „proOe“, Östrus, „postOe“ und Interöstrus-„nach“ bei zweimaliger Wiederholung der Brunst ( $n_{\text{Brunst}} = 30$ ) in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ ).....	63
Tab. 5.2:	Individuelle Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum ( $V_{\text{ges}}, V_{\text{d0}}, V_{\text{rel}}$ ) bei zweimaliger Wiederholung in Anbindehaltung ( $\bar{x} \pm s$ ).....	65
Tab. 5.3:	P <sub>4</sub> - und E <sub>2</sub> -Konzentrationen im Untersuchungszeitraum Interöstrus-„vor“, „proOe“, Östrus, „postOe“ und Interöstrus-„nach“ in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ; $n_{\text{Brunsten}} = 26$ ).....	67
Tab. 5.4:	Individuelle Vokalisation der Tiere im Untersuchungszeitraum ( $V_{\text{ges}}, V_{\text{d0}}, V_{\text{rel}}$ ) bei einmaliger Wiederholung in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ ).....	70
Tab. 5.5:	Parameter der Vokalisation und Hormonkonzentrationen in Anbinde- und Gruppenhaltung und im Gesamtmittel (LSM $\pm$ SE, min - max. Bereich) .....	72



---

Tab. 5.6:	Beispielberechnung der Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate der Vokalisationsmethode zur retrospektiven Erkennung der Brunst in beiden Haltungssystemen (Grenzwertschwelle: 50 %).....	<b>75</b>
Tab. 5.7:	Verhaltensparameter und Steriodhormonkonzentrationen (P <sub>4</sub> und E <sub>2</sub> ) in Abhängigkeit gleichzeitig brünstiger Tiere ( $\bar{x} \pm s$ ) sowie interindividuelle Variation (in Klammern) in Gruppenhaltung .....	<b>79</b>
Tab. 5.8:	Häufigkeit individueller Verhaltensparameter am Brunsttag in Abhängigkeit der Anzahl gleichzeitig brünstiger Tiere mit dem Anteil Brunsten* (in %) sowie während des Interöstrus ( $\bar{x} \pm s$ ) .....	<b>80</b>
Tab. 5.9:	Dauer (in h) der individuellen Verhaltensweisen in Abhängigkeit gleichzeitig brünstiger Tiere in Gruppenhaltung ( $\bar{x} \pm s$ (Bereich)).....	<b>81</b>
Tab. 6.1:	Vokale Kommunikation im sexuellen Kontext verschiedener Rinderarten (Bovini) aus Literaturangaben .....	<b>95</b>

**12 Anhang**

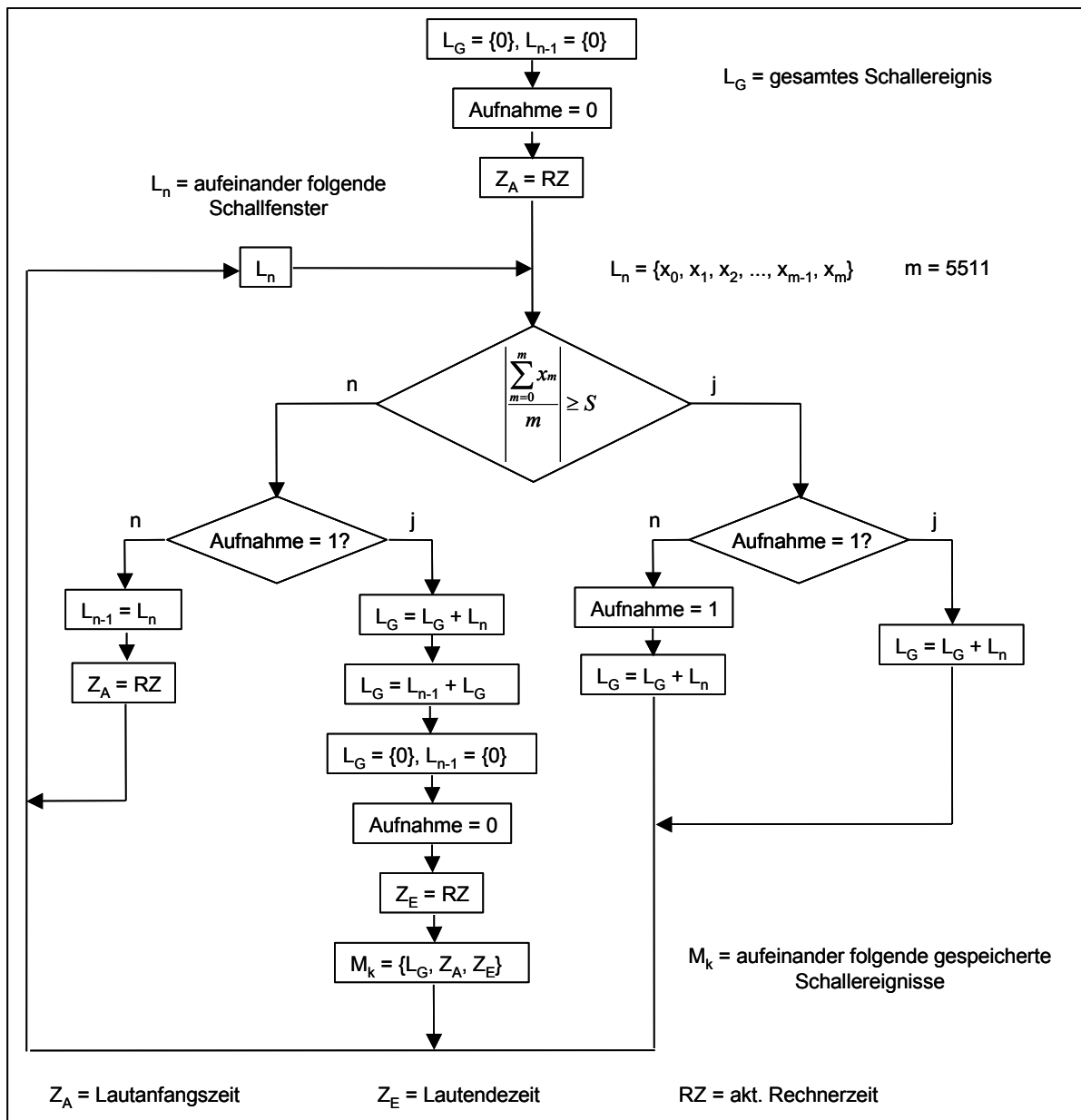


Abb. A1: Schematische Darstellung des Algorithmus für die Lautaufnahmen (SCHÖN et al., 2006)

Ein speziell entwickelter Aufnahmealgorithmus generiert aufeinanderfolgende serielle Signalfenster (Länge 250 ms) aus der Aufnahme ( $L_n$ ), deren Länge in jedem Fall kürzer als eine komplette Einzelvokalisation ist. Der Mittelwert dieser Signalfenster wird fortlaufend berechnet und nur solche Signalfenster, die einen bestimmten Schwellwert überschreiten, werden für die Aufnahme berücksichtigt. Um den Laut mit Anfang und Ende zu erfassen, wird das Lautfenster vor dem ersten zu berücksichtigenden Lautfenster ( $L_{n-1}$ ) vorne angereicht und das aktuelle Lautfenster ( $L_n$ ), das nicht mehr über der Schwelle liegt, dahinter angehängt. Alle überschwelligen Signalfenster werden aneinandergereiht, gespeichert und vom Programm mit jeweiligem Datum, Anfangs- und Endezeit des Lautes protokolliert.

Tab. A 1: Vokalisation ( $\bar{x}$ ) der Probandinnen im Untersuchungszeitraum nach zweimaliger Wiederholung der Brunst je Tier in Anbindehaltung ( $n_{\text{Brunsten}} = 30$ )

d	Tier 1	Tier 2*	Tier 3 <sup>#</sup>	Tier 4*	Tier 5	Tier 6	Tier 7 <sup>#</sup>	Tier 8	Tier 9	Tier 10
-9	0	0	0	0	0	0	8,7	0	2,0	0
-8	0	0	0	0	18,0	1,0	15,7	1,0	0	0
-7	0	0	0	0	7,3	0	7,3	0	0	0
-6	0	0	0	0	11,7	0	3,7	0,5	0	0,7
-5	1,0	0	0	0	10	5,0	6,0	0	0,7	0
-4	0	0	0	0	7,0	0	12,5	0	0	0
-3	0	0	0	0	3,0	0	21,8	0	0	1,3
-2	0	0	0	0	6,3	0,3	6,8	1,3	0	0
-1	5,7	2,5	30	0	26,7	6	13,8	26,3	1,0	0
0.	98,7	0	29,0	42,5	101,3	27,0	107,5	304,3	1,0	77,0
1.	1,67	0	0,8	70,0	7,0	4,0	20,0	2,3	0	0
2.	0	0	0	3,5	2,0	0	11,8	0,7	0,3	2,3
3.	0	0	19,3	0,5	0	0	5,0	1,7	0	0
4.	0	0	0	0	0	0	0,8	0,7	0	0
5.	0	0	0	13,5	3,0	0,5	2,0	1,7	0	0
6.	0	0	0	0	6,0	3,5	5,5	0	0	0
7.	0	0	0	1,5	0	0	2,5	1,0	0	0
8.	0	0	0	0	2,0	0,5	0	2,5	0	0
9.	0	0	0	0	1,0	0,5	7,5	3,0	0	0
10.	0,5	0	0	0	0	0	0	2,5	0	1,5

\*  $n_{\text{Brunst}} = 2$ , <sup>#</sup> $n_{\text{Brunst}} = 4$

Tab. A 2: Vokalisation ( $\bar{x}$ ) der Probandinnen im Untersuchungszeitraum nach einmaliger Wiederholung der Brunst je Tier in Gruppenhaltung ( $n_{\text{Brunsten}} = 26$ )

d	Tier 1	Tier 2	Tier 3*	Tier 4	Tier 5*	Tier 6*	Tier 7*	Tier 8*	Tier 9*	Tier 10	Tier 11
-9	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0
-8	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0
-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,0	0
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0
-5	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0,5
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0
-3	0,5	0,4	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	1,7	1,2	0	0,3	0	0	0
-1	0	0	0,5	0,3	1	0,71	0	2,3	0	0	4,5
0.	0	0	207,3	119,7	27	19,1	0	62,3	1,0	1,0	2,0
1.	0	0	2,00	1,2	0,3	0,2	0	5,7	0,7	0	16,5
2.	0	0	0,0	0,0	1,0	0,7	0	3,7	0	0	2,0
3.	0	0	8,7	5	0	0,0		2,0	0	0	1,5
4.	0	0	0	0	1,0	0,7	0	0,3	0	0	1,0
5.	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0
6.	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,5
7.	0	0	10,7	7,5	1,0	0,7	0	0,7	0	0	0
8.	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0
9.	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0	0	0
10.	0	0	0,3	0,2	0	0	0	1,3	0	0	2,0

Tier 11 - Zusatztier

\*  $n_{\text{Brunst}} = 3$

Tab. A 3: Lautstruktureinheiten (MuhE- und Brülle·Tier·d<sup>-1</sup>) im Untersuchungszeitraum in Anbinde- und Gruppenhaltung bei zweimaliger Wiederholung (LSM ± SE, n<sub>Brunst</sub> = 28)

Tagg	Anbindehaltung		Gruppenhaltung*	
	Brülle	MuhE	Brülle	MuhE
Vor	12,8 <sup>b</sup> ± 19,5	9,9 <sup>b</sup> ± 14,85	16,6 <sup>b</sup> ± 12,3	22,2 <sup>b</sup> ± 18,2
proOe	31,6 <sup>b</sup> ± 30,0	37,7 <sup>b</sup> ± 23,2	16,9 <sup>b</sup> ± 17,1	21,8 <sup>b</sup> ± 25,0
Östrus	414,6 <sup>ac</sup> ± 41,4	385,1 <sup>a</sup> ± 32,16	177,5 <sup>ad</sup> ± 21,8	241 <sup>a</sup> ± 31,8
postOe	35,5 <sup>b</sup> ± 30,0	32,9 <sup>b</sup> ± 23,2	15,6 <sup>b</sup> ± 17,0	19,5 <sup>b</sup> ± 24,9
Nach	0,4 <sup>b</sup> ± 19,6	4,3 <sup>b</sup> ± 14,9	13,1 <sup>b</sup> ± 12,3	19,6 <sup>b</sup> ± 18,2

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Spalte sind signifikant verschieden für  $p < 0,05$

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Reihe sind signifikant verschieden für  $p < 0,05$

\* n<sub>Brunst</sub> = 26

Effekte Haltung\*Zyklustag: MuhE: Werte d 0 zu d 0 ( $p = 0,34$ )

Tab. A 4: Lautstruktureinheiten (MuhE- und Brülle·Tier·d<sup>-1</sup>) im periöstrischen Untersuchungszeitraum in Anbinde- und Gruppenhaltung bei einmaliger Wiederholung\* (LSM ± SE)

Zyklustag	Anbindehaltung		Gruppenhaltung	
	Brülle	MuhE	Brülle	MuhE
-2	7,5 <sup>b</sup> ± 41,2	6,2 <sup>b</sup> ± 34,9	2,3 ± 43,4	7,5 ± 36,6
-1	60,1 <sup>b</sup> ± 41,2	80,2 <sup>b</sup> ± 34,9	6,1 ± 42,3	12,8 ± 35,8
Östrus	487,7 <sup>ac</sup> ± 41,2	441,2 <sup>ac</sup> ± 34,9	128,0 <sup>d</sup> ± 41,2	159,4 <sup>d</sup> ± 34,9
+1	79,2 <sup>b</sup> ± 41,2	68,1 <sup>b</sup> ± 34,9	13,3 ± 42,3	22,0 ± 35,7
+2	14,95 <sup>b</sup> ± 41,2	19,0 <sup>b</sup> ± 34,9	2,4 ± 41,2	4,6 ± 34,9

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Spalte sind signifikant verschieden für  $p < 0,05$

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Reihe sind signifikant verschieden für  $p < 0,05$

\*n<sub>Brunst</sub> = 20

Effekte Haltung\*Zyklustag: MuhE: Werte signifikant verschieden d 0 zu d 0 ( $p < 0,05$ )

Tab. A 5: Vergleichende Betrachtung des relativen Muh- und Brüllanteils an der Gesamtvokalisation (%) in Anbinde- und Gruppenhaltung bei einmaliger Wiederholung\* (LSM  $\pm$  SE)

Tagg	Anbindehaltung			Gruppenhaltung		
	Brüll	Muh	SE	Brüll	Muh	SE
vor	53,8 <sup>ac</sup>	46,23	$\pm$ 2,7	42,7 <sup>bd</sup>	57,3	$\pm$ 0,3
proOe	45,3	54,66	$\pm$ 7,5	40,9 <sup>b</sup>	59,1	$\pm$ 2,3
Östrus	52,76 <sup>a*</sup>	47,24	$\pm$ 2,6	47,5 <sup>a#</sup>	52,5	$\pm$ 1,9
postOe	54,8 <sup>ac</sup>	45,25	$\pm$ 2,4	46,2 <sup>ad</sup>	53,8	$\pm$ 1,6
nach	43,9 <sup>b</sup>	56,15	$\pm$ 3,6	48,3 <sup>a</sup>	51,7	$\pm$ 0,8

\*n<sub>Brunst</sub> = 20

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben mit signifikanter Differenz in einer Spalte (Anb):  $p < 0,05$

<sup>c,d</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben mit signifikanter Differenz in einer Reihe:  $p < 0,05$

<sup>a,b</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben mit signifikanter Differenz in einer Spalte (Gru):  $p < 0,05$

<sup>#</sup> Werte mit Symbolen sind tendenziell verschieden für  $p > 0,05$  aber  $\leq 0,1$

Effekte: Haltung  $p = 0,33$ ; Taggr  $p = 0,45$ ; Haltung\* Taggr  $p = 0,39$ ; Haltung\* Brunst  $p = 0,72$ ; Brunst  $p = 0,26$

Tab. A 6: Berechnung der Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate der Vokalisationsmethode zur Erkennung der Brunst in V 1

Brunst	Tier 1			Tier 2			Tier 3			Tier 4			Tier 5			Tier 6			Tier 7			Tier 8			Tier 9			Tier 10					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Vok	65	98	159	5	0		212	69	31	4	58	205	114	306	173	111	19	4	109	228	142	489	809	131	94	9	0	6	13	222	13		
GW																																	
50%	33	49	80	3	0		106	35	16	2	29	103	57	153	87	56	10	2	55	114	71	245	405	66	47	5	0	3	7	111	7		
>40%	26	39	64	2	0		85	28	12	2	23	82	46	122	69	44	8	2	44	91	57	196	324	52	38	4	0	2	5	89	5		
B wp	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B fn				1	1		1	1		1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NBwn	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NBfp				1			1			1		1																					
Sen	100	100	100	0	0		0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0	100	0	0	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100	100	100
Gen	100	100	100	0	100		0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fehl	0	0	0	100	#D		100	0	0	0	100	0	#D	0	0	0	0	#D	0	#D	#D	0	0	0	0	0	#D	#D	100	0	0	0	0

Vok - Vokalisation, Gw - Grenzwert, Sen - Sensitivität, Gen - Genauigkeit, Fehl - Fehlerrate, #D = keine Kalkulation möglich (D/I/O)

B wahr pos. (wp) = erkannte Brunst NB wahr neg. (wn) = Nichtbrunst als Nichtbrunst erkannt

B falsch neg. (fn) = nicht erkannte Brunst NB falsch pos. (fp) = Nichtbrunst als Brunst erkannt, außerhalb der Brunst

Tab. A 7 Berechnung der Sensitivität, Genauigkeit und Fehlerrate der Vokalisationsmethode zur Erkennung der Brunst in V 2

Brunst	Tier 1			Tier 2			Tier 3			Tier 4			Tier 5			Tier 6			Tier 7			Tier 8			Tier 9			Tier 10					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Vok	1	0	0	0	1		163	219	306	3	2		10	21	70	0	2	0	63	298	271	6	166	72	3	0	2	3	0	2	2	3	
GW																																	
50%	0,5	0	0	0,5	0,5		81,5	110	153	1,5	1		5	10,5	35	0	1	0	31,0	149	136	3	83	36	1,5	0	1	1	1,5		1	1,5	
>40%	0,4	0	0	0,4	0,4		65,2	87,6	122	1,2	0,8		4	8,4	28	0	0,8	0	24,8	119	108	2,4	66,4	28,8	1,2	0	0,8	0,8	1,2		0,8	1,2	
B wp				1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B fn	1	1	1				1	1		1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NBwn	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NBfp	1			1			1			1		1																					
Sen	0	0	0	0	0		100	100	100	0	0		100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0
Gen	0	100	100	0	100		0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fehl	100	#D		100	0		0	0	0	100	100	0	0	0	#D	0	0	0	#D	#D	100	0	0	0	0	#D	0	#D	0	0	0	0	

siehe Tab. A 6



Tab. A 8: Individuelle Verhaltensparameter in Gruppenhaltung (LSM  $\pm$  SE)

d	Besprungen w. n. d.		Aufspringen		Beriechen		Kopfaufsprung		Duldung		Kinn ablegen		Vokalisation*	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	x	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
-9	0,23	1,6	0,52	3,2	0,49	1,4	0,0	0,0	0,07	2,9	1,77	4,5	2,19	3,9
-8	0,69	1,6	2,66	3,2	0,56	1,4	0,0	0,0	0,34	2,9	1,67	4,6	2,19	3,8
-7	0,10	1,4	0,54	2,8	0,38	1,2	0,0	0,0	0,39	2,6	1,09	4,1	2,86	3,8
-6	-0,26	1,6	0,13	3,2	0,13	1,4	0,0	0,0	0,59	2,9	-0,76	4,6	1,74	3,7
-5	0,32	1,6	0,09	3,2	0,60	1,4	0,0	0,0	0,91	2,9	-0,58	4,6	3,18	3,9
-4	1,77	1,4	7,06	2,7	0,68	1,2	0,0	0,0	0,64	2,5	2,15	4,0	1,31	3,9
-3	0,29	1,0	0,98	2,0	0,43	0,9	0,0	0,0	0,44	1,8	0,79	3,0	1,61	3,8
-2	0,03	0,9	0,46	1,9	0,32	0,8	0,0	0,0	0,33	1,7	0,83	2,8	2,07	3,8
-1	0,41	0,8	2,71	1,7	1,85	0,7	0,1	0,1	0,88	1,5	4,05	2,6	3,42	3,7
0.	1,17	0,8	15,59	1,6	8,63	0,7	1,7	0,9	14,54	1,4	54,08	2,5	34,43	3,7
1.	0,02	0,9	0,54	1,8	0,56	0,8	0,0	0,0	0,38	1,6	1,55	2,8	5,00	3,7
2.	-0,19	1,2	0,73	2,4	0,57	1,0	0,0	0,0	0,42	2,2	3,13	3,5	1,68	3,7
3.	4,39	1,4	1,05	2,7	0,70	1,2	0,0	0,0	0,33	2,5	1,87	4,0	2,95	3,9
4.	2,76	1,8	0,99	3,5	0,31	1,5	0,0	0,0	0,25	3,2	1,99	5,0	1,12	3,7
5.	2,73	1,4	0,46	2,8	0,45	1,2	0,0	0,0	0,39	2,6	0,49	4,1	1,26	3,9
6.	1,07	1,5	0,46	3,0	0,47	1,3	0,0	0,0	0,62	2,8	-0,20	4,4	1,43	4,1
7.	0,30	1,1	1,16	2,3	0,00	1,0	0,1	0,1	0,36	2,1	0,53	3,4	4,30	4,1
8.	0,07	1,1	1,18	2,2	0,11	1,0	0,0	0,0	0,52	2,0	0,89	3,3	4,06	4,2
9.	0,44	1,1	0,84	2,1	0,25	0,9	0,0	0,0	0,44	1,9	1,39	3,2	1,85	4,2
10.	0,61	1,1	1,02	2,3	0,24	1,0	0,0	0,0	0,28	2,1	0,99	3,3	2,39	4,2

\*  $n_{\text{Brunst}} = 27$

## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Wilhelm Kanitz für die Überlassung des Themas sowie für die stets gewährte Betreuung und Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Herrn Prof. Dr. Elmar Mohr und Herrn Dr. Peter-Christian Schön danke ich herzlich für die fachliche Betreuung und Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Mein Dank gilt Herrn Dr. Armin Tuchscherer für wertvolle Anregungen und Diskussionen rund um statistische Fragen und bei der Anfertigung des Manuskripts.

Ich danke allen Mitarbeitern der Institute Fortpflanzungsbiologie und Verhaltensphysiologie des Leibniz-Institutes FBN Dummerstorf für die herzliche Aufnahme am Institut. Insbesondere möchte ich mich bei Frau S. Rodewald für die Steroidhormonanalytik bedanken.

Bei den Mitarbeitern Herrn Kurt Wendland und Herrn Dieter Sehland bedanke ich mich herzlich für den unermüdlichen technischen Einsatz, der zum Gelingen der Untersuchungen beitrug. Mein Dank gilt ebenso Herrn Dr. Klautschek und den Mitarbeitern der Versuchsställe, für die Betreuung und Unterstützung bei der Aufstallung der Versuchstiere. Insbesondere Frau Renate Hantel danke ich für die jederzeit gewährte Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen.

Für die Einsatzbereitschaft und tatkräftige Unterstützung bei technischen Belangen und Computerfragen sowie die allzeit gewährte freundliche Aufnahme in der Versuchsstation „Friedrich Harms“ der Universität Rostock danke ich Herrn Heino Marx und Frau Heike Riese sehr herzlich.

Ein sehr herzlicher Dank gilt meinen Eltern ebenso wie meinen Freunden Sandra Hoedtke und Thomas Schmidt, die mich mit Hilfsbereitschaft, Ansporn und ihrem Rat begleitet und mich in kritischen Phasen wieder aufgemuntert haben. Ein großes Danke, liebe Sandra, für die Hilfe bei der Korrekturlesung der Arbeit. Dank auch an Frau Sandra Düpjan für ihre Hilfe.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Mann für die Unterstützung in allen Phasen der Arbeit, und nicht zuletzt auch für die benötigte Erdung, das alles durchzustehen. Meine beiden Kinder waren die beste Motivation.

Dem Land Mecklenburg-Vorpommern (Stipendium der Landesgraduiertenförderung) und der H. Wilhelm Schaumann-Stiftung danke ich für die gewährte finanzielle Hilfe.

Die zehn Jungrinder, die viele Stunden beobachtet und manches Mal gepiekt wurden, bleiben in Erinnerung.

## Thesen

Physiologische Merkmale wie Langlebigkeit, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit haben in den vergangenen Jahren in der Nutztierhaltung an wirtschaftlicher Bedeutung zugenommen. Neben einer optimalen Energie- und Nährstoffversorgung gehört dazu auch eine effektive Brunsterkennung für eine verbesserte Fruchtbarkeit und Reproduktionsleistung. Die in der Praxis eingesetzten Brunsterkennungsverfahren zur Unterstützung der visuellen Brunsterkennung weisen eine Reihe von Nachteilen auf und sind vermehrt kritisch betrachtet worden. Gegenstand der vorliegenden Arbeit war deshalb ein Verfahren zur Brunsterkennung zu entwickeln, welches es erlaubt, die Brunst über eine automatische ereignisorientierte Vokalisationsaufnahme und anschließende manuelle Vokalisationsauswertung zu verifizieren. Dabei bildeten die Quantifizierung der Vokalisation und der harmonischen und disharmonischen Lautkomponenten („Muh“, „Brüll“) im Vergleich der Anbinde- und Gruppenhaltung sowie die Ermittlung periöstrischer Verhaltensparameter zur Charakterisierung der individuellen Brunst den Schwerpunkt. Aus den grundlagenorientierten Untersuchungen zur Quantifizierung der Vokalisationshäufigkeit im Zyklusverlauf und der Verhaltensparameter zur Brunst bei weiblichen Jungrindern lassen sich folgende Thesen ableiten:

1. Für das Auftreten eines Vokalisationsereignisses ist der Zyklustag resp. Zyklusphase (Taggruppe) ausschlaggebend, insbesondere die Vokalisation am Östrus ( $d = 0$ ) unterscheidet sich von allen anderen Zyklustagen. Die Art der Haltungsform hat keinen statistisch gesicherten Einfluss auf die Lautgebung.
2. Ein Anstieg der Vokalisationen von der Vorbrunst bis zum  $d = 0$  sowie ein anschließenden Abfall der Vokalisationen zur Nachbrunst ist deutlich festzustellen. Im weiteren Verlauf des Interöstrus bleibt die Lautäußerung gering. Am Brunsttag wird eine höhere mittlere Lautanzahl der Tiere in Anbinde- als in Gruppenhaltung registriert.
3. Der Lautanstieg zum Östrus ist mit einer gegenläufigen Konstellation der Steroidhormone, d.h. einer niedrigen Progesteron- ( $P_4$ ) und einer erhöhten Östradiol- $17\beta$ -Konzentration ( $E_2$ ) assoziiert. Für diesen Zeitraum ( $d \leq 0$ ) bestehen Zusammenhänge zwischen der  $P_4$ -Konzentration und der Lautanzahl ( $p < 0,001$ ) bzw. in Gruppenhaltung zwischen der  $E_2$ -Konzentration und der Anzahl der Laute ( $p < 0,001$ ). Der Einfluss des  $E_2$  auf die Brunstparameter bedarf weiterer Untersuchungen.

4. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Vokalisationshäufigkeit und dem Eintreten der Brunst beim weiblichen Rind besteht. Das Ausmaß der Lauthäufigkeit ist inter- und intraindividuell verschieden, d. h. es besteht eine hohe Vokalisationsvariabilität unter den Probandinnen und innerhalb individueller Brunsten.
5. Im Hinblick einer veränderten Lautstruktur während des Östrus zeigt der prozentuale disharmonische Anteil am Gesamtlaut Unterschiede innerhalb einzelner Zyklusphasen, jedoch keinen generellen Einfluss des Haltungssystems auf. Ein erhöhter Brüllanteil am Tag des Östrus zwischen den angebondenen gegenüber den sich frei bewegenden Tieren ist tendenziell vorhanden ( $p = 0,10$ ).
6. Bei in Gruppe gehaltenen Tieren lassen die vom Östrus bis zum Interöstrus-„nach“ gleich bleibenden Anteile der Brüllkomponente keine eindeutig brunstbezogene Aussage zu. Der harmonische Anteil am Laut (in %) ist in dieser Haltungssystemform zu allen Zyklusphasen höher als der geräuschhafte Anteil. Dagegen kann in Anbindehaltung ein Anstieg von der Vorbrunst zum Östrus verbunden mit einem Rückgang zum Interöstrus-„nach“ ( $p < 0,05$ ) eher einem Brunstereignis zugeordnet werden.
7. Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass insgesamt eine Erhöhung des Vokalverhaltens im periöstrischen Zeitraum zur Detektion der Brunst beiträgt. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse der Gruppenhaltung auf die Laufstallhaltung ist denkbar und sollte mit laktierenden Milchkühen geprüft werden.
8. Die aus den gewonnenen Ergebnissen ableitbare Vermutung eines Einflusses der Haltung (höhere Lautanzahl und disharmonischer -anteil am d 0 in Anbindehaltung), was auf ein kompensatorisches Brunstverhalten sich frei bewegender Tiere schließen lässt, bedarf weiterer Untersuchungen.
9. Die Untersuchungsergebnisse zur Charakterisierung des Östrus anhand sekundärer Verhaltensparameter belegen sicher und eindeutig deren Vorteile in der Brunsterkennung. Schlussfolgernd sollten nach vorliegender Erkenntnis zur visuellen Brunsterkennung, auch im Falle eines Nichtauftretens der Duldung, folgende Verhaltensweisen genutzt werden: *Kinn ablegen, Aufspringen, Vokalisation, Kopfseite bespringen.*

Aufgrund der in dieser Arbeit gewonnenen Resultate kann folgendes für die Anwendung in der Praxis empfohlen werden:

10. Die aus der ereignisorientierten Vokalisationsaufnahme und der Lautanalyse gewonnenen Ergebnisse sind für eine Brunsterkennung in Anbindehaltung und

bedingt in Gruppenhaltung eine geeignete und technisch interessante Methode. Nachteilig wirken sich in Gruppenhaltung neben technischen Faktoren die geringe Anzahl und auch das Auftreten von zusätzlichen Vokalisationsereignissen außerhalb des periöstrischen Zeitraumes aus. Empfohlen wird in dieser Haltungsform eine Kombination mit anderen Verfahren wie beispielsweise der visuellen Brunstbeobachtung, der Pedometrie oder der Erfassung der Progesteronkonzentration, um eine Verbesserung der Brunsterkennungsrate zu erzielen.

11. Die Methode des Punktesystems bei sekundären Verhaltensparametern kann uneingeschränkt zur visuellen Brunstbeobachtung empfohlen werden. Mit der Kombinationsbeobachtung der untersuchten Verhaltensweisen kann sicher und akkurat die Bestimmung der Brunst erfolgen, auch wenn die Intensität der gezeigten Verhaltensweisen von vielen Faktoren abhängig ist und inter- und intraindividuell variiert.