

Aus dem
Forschungsbereich Fortpflanzungsbiologie des Leibniz-Institutes für Nutztierbiologie
(FBN)
und der
Klinik für Klauentiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Analyse von zyklusabhängigen Lauten beim Rind zur Erkennung
der Brunst**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Kathrina Hämel, geb. Moser
Tierärztin
aus Concord, Mass., USA

Berlin 2009

Journal-Nr.: 3364

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. W. Heuwieser
Zweiter Gutachter: PD Dr. W. Kanitz
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. A. Sobiraj

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

cattle, dairy cows, oestrus cycle, vocalization, sounds, analysis

Tag der Promotion: 12.04.2010

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-828-9

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2009

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2010

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung	5
2 Literaturanalyse	5
2.1 Brunstphasen	5
2.1.1 Proöstrus	6
2.1.2 Östrus	7
2.1.3 Postöstrus	7
2.1.4 Interöstrus	8
2.2 Einflussfaktoren auf das Brunstverhalten	9
2.3 Möglichkeiten der Brunsterkennung	10
2.3.1 Konventionelle Brunstbeobachtung	11
2.3.2 Detektortiere	13
2.3.3 Farbmarkierungstechniken	13
2.3.4 Elektronische Brunsterkennung	14
2.3.5 Messung von Parametern	14
2.3.6 Automatische Systeme der Brunsterkennung	18
2.4 Stand der bioakustischen Forschung	21
2.4.1 Historische Entwicklung der Bioakustik	21
2.4.2 Methoden in der Bioakustik	22
2.5 Bisherige Untersuchungen zur Vokalisation von Rindern	27
3 Material und Methoden	29
3.1 Stallbuch	29
3.2 Anwendung einer Programmbibliothek unter LabVIEW® für die Lautanalyse	29
3.3 Experiment I	30
3.3.1 Tiermaterial und Aufnahmetechnik	30
3.3.2 Gewinnung von Parametern	32
3.3.3 Bestimmung der Progesteronkonzentration	37
3.4 Experiment II	37
3.4.1 Tiermaterial und Versuchsaufbau	38
3.4.2 Brunstinduktion und Probenentnahme	40
3.4.3 Aufnahmetechnik	41
3.4.4 Gewinnung von Parametern	44
3.4.5 Statistische Analyse	45
4 Ergebnisse	46
4.1 Auszählung Stallbuch	46
4.2 Sonagramm LabVIEW®	47
4.3 Ergebnisse Experiment I	48
4.4 Ergebnisse Experiment II	49
4.4.1 Interpretation der aufgezeichneten Laute	49
4.4.2 Darstellung der Lautstruktur mittels künstlicher Neuronaler Netze	55

5	Diskussion	56
5.1	Allgemein	56
5.2.	Konventionelle Brunstbeobachtung	57
5.3.	Objektive Methoden	57
5.4	Eigene objektive Methoden, Vokalisation	63
6	Schlussfolgerungen	67
7	Zusammenfassung	68
8	Summary	69
9	Zitierte Literatur	71
	Anhang A: Auswertung des Stallbuches	84
	Anhang B: Verlauf der Gesamtvokalisation und Brunstbeobachtung (BB) für die 10 untersuchten Tiere (Stundenwerte)	89
	Anhang C: Verlauf der Gesamtvokalisation und Progesteron-Verlauf für die 10 untersuchten Tiere (Tageswerte)	94
	Anhang D: Darstellung der angelernten Merkmalskarten nach Kohonen für die automatisch ausgeschnittenen „Muh“ und „Brüll“ Anteile der Laute	99

1 Einleitung

In Milchrinderbetrieben ist die Ausnutzung der Fruchtbarkeitsleistung der Herde maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit. Mehrere Faktoren bestimmen die Herdenfruchtbarkeit. Die wichtigsten sind die Brunsterkennungsrate, die Brunstnutzungsrate und die Konzeptionsrate. Die Brunsterkennungsrate erfasst den Anteil der Kühe, die als brünstig erkannt werden. Die Brunstnutzungsrate gibt den Anteil der Tiere an, die innerhalb von 21 Tagen als brünstig erkannt werden und zur Besamung kommen. Die Konzeptionsrate spiegelt den Anteil der Kühe wieder, die nach Besamung tragend sind.

Heuwieser und Mansfeld (1995) stellten fest, dass in deutschen Betrieben die Brunsterkennungsrate etwa bei 50 % liegt. Esslemont (1992) ermittelte für britische Herden eine durchschnittliche Brunsterkennungsrate von 51,9 %, Olsen (1993) für Minnesota, USA weniger als 40 %. In milcherzeugenden Betrieben mit gutem Fruchtbarkeitsmanagement sollte die Brunsterkennungsrate bei über 70 % liegen (Esslemont, 1992; Ferguson und Galligan, 1993a). Diese Zahlen verdeutlichen, dass ein Bedarf besteht, die Brunsterkennungsrate zu verbessern.

Ziel dieser vorliegenden Arbeit war es deshalb, das akustische Verhalten von Milchrindern während des Brunstzyklus zu untersuchen, um einen möglichen neuen Ansatz zur Verbesserung der Brunsterkennung zu finden.

2 Literaturanalyse

2.1 Brunstphasen

Der Sexualzyklus dauert bei Kühen im Regelfall 21 Tage (18-24). Durch veränderte Hormonkonzentrationen während des Zyklus wird das Verhalten von Tieren

beeinflusst. Deshalb ist es zweckmäßig, den Sexualzyklus anhand der zu erkennenden Verhaltensänderungen in 4 Phasen zu unterteilen:

2.1.1 Proöstrus

Der Proöstrus, oder auch Vorbrunst, ist die Zeitspanne vom Einsetzen der Verhaltensänderungen bis zur ersten Duldungsbereitschaft. Der Proöstrus dauert in der Regel 2-3 Tage. Das erste Anzeichen ist eine erhöhte Nervosität, wobei Änderungen im Verhalten nicht immer deutlich zu sehen sind. Das deutlichste Anzeichen der nahenden Brunst ist das gegenseitige Bespringen der Tiere. Bei der speziellen gynäkologischen äußeren und inneren Untersuchung werden eine leichte Schwellung der Vulva, eine hyperämische und stark feuchte Scheidenschleimhaut sowie eine Ansammlung von Schleim in der Vulva beobachtet (Grunert und Berchtold, 1999). Vereinzelt ist bereits abgeflossener Schleim am unteren Schamwinkel sichtbar. Die Schleimkonsistenz ändert sich während der Vorbrunst:

Sie ist zunächst mäßig viskös, gegen Ende dieser Phase ist der klare transparente Schleim dann fadenziehend und die Zervix weist eine gewisse Erschlaffung auf. Die gesteigerte Kontraktibilität des Uterus ist auch bei der rektalen Palpation zu erkennen, wobei der Uterus mit einer bereits mehr oder weniger stark ausgeprägten Kontraktionsbereitschaft reagiert. Die östrogenbedingte vermehrte Blutfülle führt zu einer leichten Vergrößerung des Uterus. An den Ovarien kann außer dem in Rückbildung befindlichen kleinen und derben Corpus luteum bereits ein Graafscher Follikel in der Anbildungsphase palpiert werden (Grunert und Berchtold, 1999).

Mit Ausnahme der zeitlich relativ gut abzugrenzenden Brunst erfolgen die Übergänge der einzelnen Zyklusphasen allmählich. Dies ist auch an histologischen und physikalischen Veränderungen am Genitaltrakt nachweisbar. Diese relativ fließenden Übergänge werden noch durch individuelle Reaktionsmuster überlagert. Hierin dürfte

auch die Ursache dafür liegen, dass in der Literatur nicht immer übereinstimmende Angaben über die Dauer der einzelnen Zyklusphasen gemacht werden (Grunert und Berchtold, 1999).

2.1.2 Östrus

Als Östrus wird der Zeitraum bezeichnet, in dem das weibliche Tier die Begattung duldet, er wird auch als Haupt- oder Hochbrunst bezeichnet und dauert etwa 18 Stunden. Neben einigen in der Vorbrunst bereits vorhandenen Symptomen, wie Brüllen, Unruhe und Einbiegen des Rückens sind der Abgang von opalisierendem, fadenziehenden Brunstschleim sowie eine deutlich geschwollene Vulva zuverlässige Brunstanzeichen. Brünstige Rinder in einer freien Herde zeigen auf dem Kreuzbein frische Hautabschürfungen infolge der Aufsprünge durch andere Tiere. Das Vestibulum ist rosafarben und mit Schleim behaftet, die Portio vaginalis cervicis zeigt ebenfalls Schleimabsonderungen und ist bleistiftstark geöffnet. Der Uterus ist während der Brunst aufgerollt und stets von derber, fester Beschaffenheit, am Ovar ist ein deutlich ausgebildeter, etwa haselnussgroßer Follikel palpierbar.

2.1.3 Postöstrus

Der Postöstrus, auch als Metöstrus oder Nachbrunst bezeichnet, bildet wie der Präöstrus keine exakt abgrenzbare Periode. Die Nachbrunst ist der Abschnitt vom Zeitpunkt des Erlöschens der Begattungsbereitschaft bis zum Abklingen der äußeren und inneren Brunstsymptome, z.B. ausklingende Uteruskontraktion, Abklingen der Hyperämie und der verstärkten Sekretion an Zervix, Vagina und Vestibulum sowie Schluss des Zervikalkanals. Während der Nachbrunst, also circa 2 Tage nach Ende der Brunst, kann dem Schleim, der aus der Scheide austritt, Blut beigemischt sein (Grunert und Berchtold, 1999). Aufgrund der erhöhten Permeabilität in der

Uterusschleimhaut kann Blut aus der hyperämischen Schleimhaut in das Uteruslumen austreten, man bezeichnet dies als Abbluten.

2.1.4 Interöstrus

Als Interöstrus bezeichnet man den von sexueller Ruhe geprägten Zeitraum, der in der Literatur auch als Diöstrus oder Zwischenbrunst bezeichnet wird. Er folgt auf den Postöstrus und dauert bis zum Proöstrus. Mit einer Dauer von 16 Tagen bildet der Interöstrus die längste Phase im Sexualzyklus. Er zeichnet sich durch das Fehlen von jeglichen Symptomen aus, die als Annäherung an einen Sexualpartner gewertet werden können. Im Wesentlichen entspricht der Interöstrus der Gelbkörperphase des ovariellen Zyklus (etwa 3.-18./19. Zyklustag) und der Sekretionsphase des Schleimhautzyklus (Grunert und Berchtold, 1999). Der Interöstrus endet mit der Gelbkörperregression, die durch vom Uterus gebildetes Prostaglandin $F_{2\alpha}$ eingeleitet wird.

In der Abbildung 1 werden der zeitliche Ablauf der Brunstsymptome und der optimale Besamungs- oder Deckzeitpunkt schematisch dargestellt.

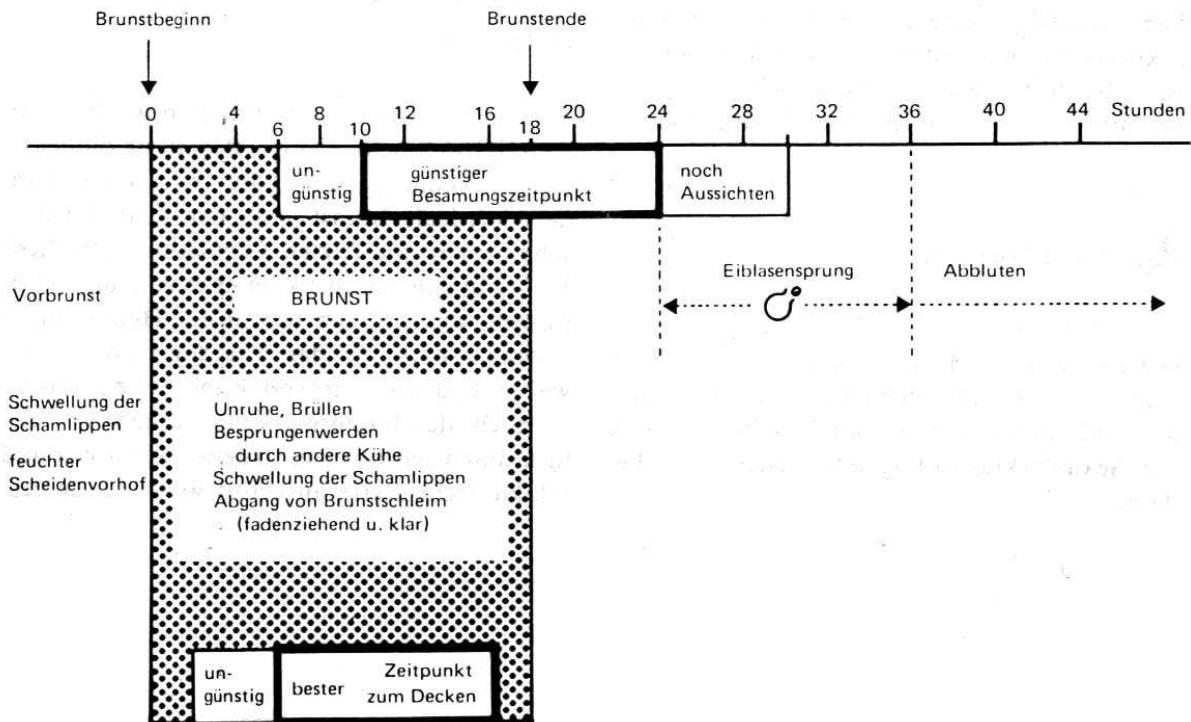


Abbildung 1: Zeitlicher Ablauf der Brunstsymptome mit Angaben zum optimalen Besamungs- und Deckzeitpunkt (Grunert und Berchtold 1999)

2.2 Einflussfaktoren auf das Brunstverhalten

In einer Übersichtsarbeit von Becker et al. (2005) werden endogene und exogene Faktoren diskutiert, die die Dauer und die Intensität der Brunst beeinflussen. Unter exogenen Faktoren werden z. B. die Haltungsform, Laufboxengröße, Bodenstruktur und die Tierdichte verstanden. In Gruppenhaltung zeigen Tiere ein ausgeprägteres Brunstverhalten als in Anbindehaltung. Stevenson (2001) sowie Varner (2002) konnten eine Verminderung der Brunstdauer und der Brunstintensität auf hartem und rutschigem Untergrund nachweisen. In Laufställen hängt die Effizienz der Brunsterkennung wesentlich von der Zahl der gleichzeitig in Brunst befindlichen Tiere ab. Je mehr Tiere gleichzeitig brünstig sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass brünstige Tiere auch besprungen werden (Diskin und Sreenan, 2000).

Ein endogener Faktor kann zum Beispiel die Milchleistung der Kühe sein. Nach Diskin und Sreenan (2000) beeinflussen Milchleistung und die Inzidenz von Klauenproblemen die Stärke der sichtbaren Brunstsymptome. In Untersuchungen von Pryce et al. (1997) konnten zwischen einer auf Milchleistung selektierten Herde und einer Kontrollherde keine Unterschiede bei den Fruchtbarkeitsparametern festgestellt werden. Eine Ausnahme zeigte sich mit einer verlängerten Zwischenkalbezeit in der Selektionsherde. Dieses Ergebnis wurde auf eine verminderte Brunstausprägung zurückgeführt, da bei erkannten Brunsten keine Unterschiede im Besamungserfolg nachgewiesen werden konnten. Lopez et al. (2004) und Wiltbank et al. (2006) zogen daraus den Schluss, dass hohe Milchleistungen mit einer Verkürzung des Östrus verbunden sind. Während bei Kühen mit einer Milchleistung von durchschnittlich 40,4 kg/d durch telemetrische Kontrollen 89 Tage nach dem Abkalben eine durchschnittliche Östrusdauer von 6,9 h ermittelt wurde, konnte für einen vergleichbaren Zeitraum bei Kühen mit einer Milchleistung von 28 Litern eine Östrusdauer von 11,1 h ermittelt werden. Über ähnliche antagonistische Beziehungen im Blick auf die Brunstintensität wurde schon von Harrison et al. (1990) berichtet. Als Ursache für eine antagonistische Beziehung zwischen Milchleistung und Brunstausprägung wird eine höhere Clearance-Rate der Ovarsterioide in der Leber vermutet (Sangsritavong et al., 2002).

2.3 Möglichkeiten der Brunsterkennung

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Methoden der Brunsterkennung besprochen.

2.3.1 Konventionelle Brunstbeobachtung

Für die konventionelle Brunstbeobachtung ist eine regelmäßige visuelle Kontrolle der Tiere von wesentlicher Bedeutung. Dabei werden die Rinder in ihrem Verhalten zu anderen Tieren beurteilt und das Tier selbst auf Anzeichen der Brunst beurteilt.

Die Genauigkeit der Brunsterkennung kann durch eine Betrachtung der Wiederbesamungsintervalle, die Einbeziehung der Ergebnisse der Palpationen von Uterus und Ovarien, sowie die Bestimmung von Progesteronkonzentrationen (Heersche und Nebel, 1994) überprüft werden. Nebel et al. (1987) stellten in einer Studie fest, dass 26 % der Tiere, die scheinbar als brünstig erkannt worden waren, hohe Progesteronkonzentrationen im Blut aufwiesen, also nicht in Brunst sein konnten. Heersche und Nebel (1994) stellten fest, dass eine ungenaue Brunstbeobachtung zur Besamung von Tieren führte, die nicht in Brunst waren. Diskin (1996) berichtete von Studien aus verschiedenen Ländern, wonach bis zu 20 % der zur Besamung vorgestellten Tiere nicht in Brunst waren. Der Erfolg der Brunsterkennung und die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes kann von 50 % bei einer einmaligen Beobachtung von 20 Minuten Länge auf 75 % bei einer dreimaligen Beobachtung von jeweils 20 Minuten Länge pro Tag gesteigert werden (de Kruif et al., 1998). Die Brunstbeobachtung sollte demnach mindestens dreimal täglich über 20 Minuten durch geschultes Personal und während der Ruhezeiten, also außerhalb der Melk- und Fresszeiten erfolgen (Heuwieser, 1997). Ab einer Gesamtbeobachtungszeit von mindestens 90 Minuten pro Tag bewirkt nach Pennington et al. (1992) eine Erhöhung der Beobachtungsfrequenz keine weitere Verbesserung der Effektivität. Eine Dauer von mehr als 30 Minuten je Beobachtungsintervall erbringt nach Aussagen von Heuwieser und Mansfeld (1995) ebenfalls keinen zusätzlichen Vorteil.

Demgegenüber halten Roth et al. (1987) sogar eine fünfmalige Brunstbeobachtung pro Tag für wichtig, um eine hohe Effizienz zu erzielen.

Eine Untersuchung von Esslemont und Bryant (1976) zeigte, dass die Brunstdauer bei Kühen durchschnittlich 14,9 Stunden beträgt. Die größte Aktivität ist in den Nachtstunden zu verzeichnen. Neuere Untersuchungen ergaben, dass Holstein Friesian Kühe deutliche äußere Brunstanzeichen nur für die Dauer von durchschnittlich 7,3 Stunden zeigten (Nebel et al., 1997).

Als deutlichstes und auch genauestes Anzeichen von Brunst ist das gegenseitige Bespringen von Tieren zu bewerten. Diese „Duldungsbereitschaft“, im englischen Sprachgebrauch als *standing heat* bezeichnet, gilt als primäres Brunstanzeichen. Dabei sind Tiere, welche besprungen werden, mit einer Wahrscheinlichkeit von 90-95 % in der Hochbrunst, und Tiere, welche andere Tiere bespringen, mit einer Wahrscheinlichkeit von 65-70 % in Brunst (Heuwieser, 1997). Walker et al. (1996) beobachteten bei brünstigen Tieren durchschnittlich 10,1 Aufsprünge während einer durchschnittlich 9,5 Stunden anhaltenden Hauptbrunst. Die Summe der Aufsprungzeit betrug pro brünstigem Tier 24,1 Sekunden, wobei nur 6 Aufsprünge länger als 2 Sekunden dauerten. In einer Arbeit von Hurnik et al. (1975) zeigten Tiere 70 % der intensiven Brunstaktivität zwischen 19:00 und 7:00 Uhr. Diese Beobachtung legt nahe, dass Kühe die Brunstaktivität verstärkt in den Stunden zeigen, in denen durch das Personal keine anderen Tätigkeiten wie Melken, Füttern oder tierärztliche Maßnahmen durchgeführt werden (Heuwieser, 1997; Dransfield et al., 1998). Nach Dransfield et al. (1998) ist der Zeitraum, in dem die Brunst auftritt und das Brunstende eintritt, gleichmäßig über den ganzen Tag verteilt. Daher sollte auch die Brunstbeobachtung über den ganzen Tag verteilt werden (Wiltbank, 1998a).

2.3.2 Detektortiere

Detektortiere können Bullen sein, die durch bestimmte operative Maßnahmen, z.B. Resektion der Nebenhodenschwänze bzw. bestimmter Teile des Samenleiters oder Ablenkung des Penis durch seitliches Versetzen der Präputialöffnung, befruchtungs- oder deckunfähig gemacht worden sind, und die brünstige weibliche Tiere durch wiederholtes Aufreiten anzeigen. Für vasktomierte Bullen mit Markierungssystemen (Chin ball marker), die eine besprungene Kuh kennzeichnen, werden Brunsterkennungsdaten von 85 bis 90 % angegeben (Diskin, 1996; Mee et al., 2002). Die Benutzung von Suchbullen zur Steigerung der Brunsterkennungsrate ist auf den nordamerikanischen Raum beschränkt. Rajamahendran (2001) und Stevenson (2001) zeigen für Nordamerika als Alternative zu den Suchbullen die Verwendung von hormonbehandelten Kühen auf. Dazu wird Kühen einmal wöchentlich 500-600 mg Testosteronpropionat in öliger Lösung intramuskulär injiziert. Insgesamt sind 3 Injektionen im Abstand von einer Woche notwendig. Diese Tiere zeigen nach den Hormonbehandlungen ein bullenartiges Verhalten und bespringen brünstige Tiere.

2.3.3 Farbmarkierungstechniken

Der Duldungsreflex ist als das sicherste Zeichen der Hauptbrunst zu werten. Deshalb nutzen verschiedene Farbmarkierungstechniken das gegenseitig Bespringen der Tiere, um Rinder, die den Duldungsreflex zeigen, zu kennzeichnen.

Beim Kamar Heat Mount Detector wird auf der Medianen im Lendenbereich eine Farbpatrone in einem Plastikröhrchen mit Spezialkleber fixiert. Durch den Druck, der durch das Aufspringen verursacht wird, platzen die Farbpatronen und das Röhrchen verfärbt sich. Da die Farbpatronen relativ stabil sind, ist ein mehrmaliges Bespringen notwendig, um den nötigen Druck aufzubauen, der die Patrone zum Platzen bringt.

Das Bovine Beacon-System arbeitet nach dem gleichen Prinzip. Die Farbpatrone wird auf dem Kreuzbein der Kuh festgeklebt und zerplatzt bei leichtem Druck. Dadurch wird schon nach einmaligem Bespringen der Farbumschlag erreicht.

Beim Tail painting-Verfahren wird Farbe direkt auf die Kruppe aufgetragen. Wenn die so markierten Tiere von Artgenossen besprungen werden, wird die Farbe abgewischt. Je nachdem, ob die Tiere häufig oder nicht häufig besprungen worden sind, ist die Farbe nur zum Teil oder komplett abgewischt.

Beim Estrus Alert-System wird ein pflasterartiger selbstklebender Indikator auf der Kruppe befestigt, der durch das gegenseitige Bespringen verwischt.

2.3.4 Elektronische Brunsterkennung

Das DEC™-System (Detection electronique de chauchement) ist eine Weiterentwicklung der Farbmarkierungstechniken. Anstelle der Farbpatronen sind elektronische Drucksensoren auf dem Kreuzbein der Kuh befestigt. Die Drucksensoren werden durch das Aufspringen aktiviert und zeigen die Duldungsbereitschaft durch ein Blinksignal an. Je häufiger ein Tier besprungen wird, umso schneller blinken die Anzeigeeinheiten.

2.3.5 Messung von Parametern

Bestimmung von Progesteronkonzentrationen:

Progesteronkonzentrationen können mit empfindlichen und spezifischen Analysemethoden sowohl in der Milch, als auch im Blut ermittelt werden. Überwiegend werden dabei Immunotests (Immunoassays) unterschiedlicher Konfiguration eingesetzt, deren Hauptkomponenten jedoch einheitlich Progesteron-Reinsthormon (zur Darstellung einer Standardkurve), ein gegen ein Progesteron-Proteinkonjugat erzeugtes Antiserum (zur spezifischen Bindung des

Hormons) und ein markiertes Progesteron mit eingebautem Radionuklid (Tritium oder Iod-125 bei Radioimmunoassays) oder Enzym (bei Enzymimmunoassays) sind. Mit diesen Methoden ist die sichere Bestimmung von Progesteronkonzentrationen im Bereich von wenigen Nanogramm pro Milliliter (ng/ml) möglich. Neben den Labortests stehen auch Schnelltests oder kleine Automaten für die Hormonanalyse vor Ort zur Verfügung. Bei diesen Methoden sind Inkubationszeiten, Zahl der Standardkurvenpunkte und Pipettierungen reduziert, so dass das Ergebnis in wenigen Minuten vorliegt. Der Nachteil dieser Schnelltests ist eine größere Ungenauigkeit der Ergebnisse im mittleren Bereich von Progesteronkonzentrationen. Mittlere Progesteronkonzentrationen liegen vor, wenn die Funktion des Ovargelbkörpers beginnt bzw. erlischt.

Als Richtwert der Progesteronkonzentration in der Milch werden nach Nebel et al. (1987) 5 ng/ml angegeben. Ein Wert unter 5 ng/ml bedeutet, dass die Tiere keine aktiven Gelbkörper haben und deshalb in der Brunst sein können. Auch Firk et al. (2002) konnten einen starken Abfall der Milchprogesteronkonzentration von über 10 ng/ml auf 3 ng/ml beim Beginn des Proöstrus nachweisen. Walker et al. (1996) und Xu et al. (1998) berichten, dass bei einer um mehr als 2 ng/ml auf unter 0,5 ng/ml gesunkenen Progesteronkonzentration im Serum mit einer Brunst zu rechnen ist.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass ein hoher Progesteronwert Östrus definitiv ausschließt, ein niedriger Progesteronwert im Umkehrschluss aber nicht zwingend Östrus bedeutet.

Ein niedriger Progesteronwert kann verschiedene Ursachen haben:

- 1.) die Kuh befindet sich in der Brunst
- 2.) das Tier befindet sich im postpartalen Anöstrus
- 3.) das Tier befindet sich 2-2,5 Tage vor bzw. nach der Brunst
- 4.) das Tier hat folliculäre Zysten auf den Ovarien.

Die Progesteronkonzentration ist von der zellulären Differenzierung der unterschiedlichen Luteinzellpopulationen im Gelbkörper abhängig. Eine einmalige Bestimmung der Konzentration kann nur bedingt eine Aussage über den funktionellen Status des Gelbkörpers liefern. Eindeutige Aussagen über den Verlauf des Zyklus sind nur in Kombination mit klinischen Untersuchungen und mit mehreren, an verschiedenen Tagen durchgeführten quantitativen Bestimmungen der Progesteronkonzentration im Serum möglich. Eine Aussage über den optimalen Besamungszeitpunkt kann nicht getroffen werden.

Die Bestimmung der Progesteronkonzentration kann für die Feststellung der frühen Trächtigkeit, 20-21 Tage nach der Besamung, verwendet werden. Ist der Progesteronwert 20 Tage nach der Besamung hoch, ist das Tier sehr wahrscheinlich tragend. Bei niedrigem Progesteronwert ist das Tier auf keinen Fall tragend.

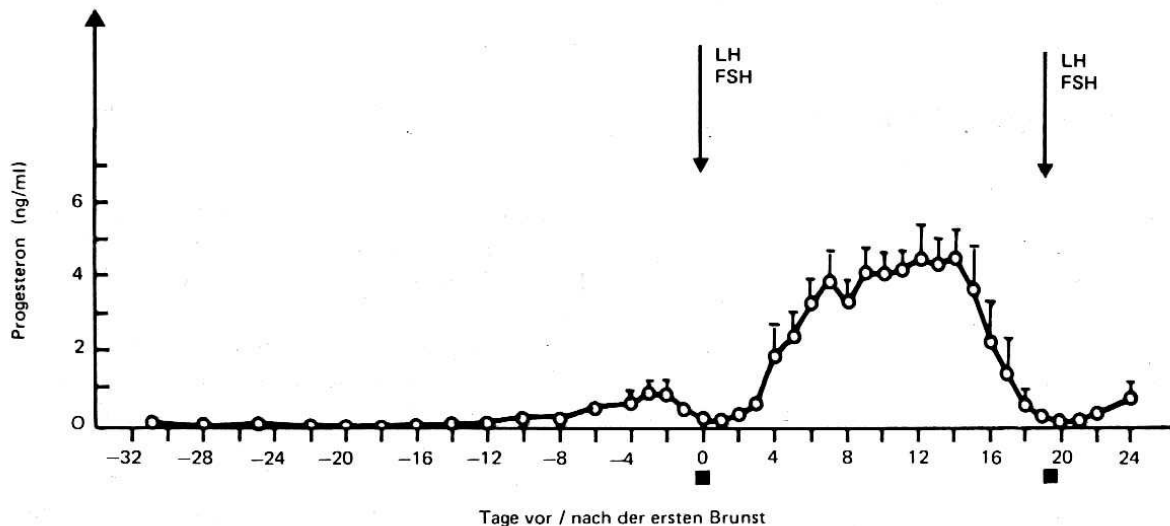


Abbildung 2: Progesteronsekretion vor und nach der ersten Brunst bei Kalbinnen. Die Pfeile geben den Zeitpunkt der präovulatorischen Gonadotropinausschüttung an, die Markierungen (■) kennzeichnen den Beginn und das Ende des Brunstzeitraumes (Grunert und Berchtold, 1999)

Elektrische Leitfähigkeit des Brunstschleimes:

Eine der im Verlauf der Brunst im Genitaltrakt des Rindes zu beobachtenden Veränderungen ist die vermehrte Durchsaftung und Sekretion des Gewebes. Die Östrogene lösen eine vermehrte Durchblutung des Vaginalgewebes und eine Erhöhung der Vaginalsekretion aus. Der elektrische Widerstand des Vaginalschleimes verändert sich im Laufe des Sexualzyklus von hohem Widerstand in der Lutealphase zu niedrigem Widerstand in der Follikelphase (Al-Obaidi und Larson, 1976; Leidl und Stolla, 1976; Foote et al., 1979; Senger, 1994).

Niedrige Werte von 30 bis 40 Ohm sind ein Anzeichen für eine Brunst, wobei aber nicht alle Tiere, die brünstig sind, niedrige Werte zeigen.

Zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Brunstscheimes werden die Spannungsunterschiede entweder mit externer Messtechnik gemessen, wozu die Messung mehrmals am Tag wiederholt werden muss, oder es werden chirurgisch Elektroden in die Vagina implantiert.

2.3.6 Automatische Systeme der Brunsterkennung

Unter automatischen Systemen werden Verfahren verstanden, die selbstständig Daten über die zu beobachtenden Kühe liefern.

Die automatischen Systeme der Brunsterkennung sollten nach Becker et al. (2005) folgende Kriterien erfüllen:

Überwachung über 24 Stunden

Automatische und sichere Identifizierung brünstiger Tiere

hohe Genauigkeit bei der Erkennung von typischen Veränderungen, die mit dem Zeitpunkt der Ovulation zusammenhängen

Es gibt verschiedene Verfahren der automatischen Brunsterkennung, die im Einzelnen erläutert werden.

1. Pedometrie

Die ersten Berichte über die Bewegungsaktivität von Milchkühen während der Brunst stammen aus dem Jahr 1954 (Farris, 1954). Er beobachtete Unruhe und einen Anstieg der Bewegungsaktivität der Kühe, die typisch für die Brunst sind.

Kiddy (1977) entwickelte anhand dieser Erkenntnisse ein Aktivitätsmessgerät (Schrittzähler = Pedometer).

Für die Pedometrie sind verschiedene Geräte entwickelt worden. Der Schrittzähler kann dabei oberhalb des Fesselgelenks befestigt werden, oder er ist mit dem Transponderhalsband kombiniert.

Als Sensor zur Erfassung der Bewegungen fungiert ein Quecksilberschalter oder eine magnetische Metallkugel, die sich in einer Mulde zwischen zwei Kupferspulen befindet. Infolge der Bewegung schwenkt sie nach rechts bzw. links aus und ruft eine elektrische Spannung hervor. Die entstehenden Impulse werden gezählt, gespeichert und über im Stall oder im Melkstand installierte Empfangseinheiten abgefragt und auf einen PC übertragen (Wangler et al., 2005).

In der Literatur werden durchschnittliche Erhöhungen der Aktivität zum Zeitpunkt der Brunst von 30 % bis 393 % angegeben (Kiddy, 1977; Eradus et al., 1992; Wendl und Klindtworth, 1997; Kerbrat und Disenhaus, 2004). Im Durchschnitt beträgt die Bewegungsaktivität der Tiere innerhalb der Brunst ungefähr das Vierfache der Aktivität von nicht brünstigen Tieren in einem Laufstall (Roth et al., 1987; Schüsen et al., 1987; Schofield et al., 1991). Wangler et al. (2005) ermittelten während des Östrus eine durchschnittliche Aktivitätssteigerung um 188 %, insbesondere zwischen dem Abendmelk und dem Morgengemelk. Dieselben Autoren ermittelten einen Anstieg der Bewegungsaktivität in den ersten 60 Tagen nach der Abkalbung. In dieser Zeit bewegten die Tiere sich deutlich mehr als in den folgenden 200 Tagen der Laktation. Mögliche Gründe können die Umstallung und damit verbunden Rangordnungskämpfe sein. Einen zusätzlichen Einfluss auf die Aktivität hatte die Höhe der Milchleistung. Im Bereich von < 15 kg bis zu 35 kg Milch je Tag verringerte sich die Aktivität der Kühe kontinuierlich. Für Tiere in den Leistungsklassen >35 kg wurden wieder höhere mittlere Aktivitäten berechnet. Ein Grund dafür ist die möglicherweise höhere Anzahl von Brunsten bis zur erfolgreichen Besamung bei diesen leistungsstarken Tieren.

Ein wesentlicher Faktor für die Effizienz der Brunsterkennung mittels Aktivitätsmessungen ist die Einstellung des Grenzwertes. Der Grenzwert ist der Wert

der Aktivitätsabweichung, bei dessen Überschreitung die Tiere einen Brunsthinweis auf einer Alarmliste erhalten. Ist der Wert zu niedrig gewählt, z.B. 50 % Aktivitätssteigerung, werden alle brünstigen Tiere erfasst (Trefferrate) und zusätzlich diejenigen Tiere, die eine erhöhte Bewegungsaktivität aufweisen, ohne brünstig zu sein (Fehlerrate). Wird der Grenzwert zu hoch gewählt, sind die erfassten Tiere mit einer hohen Wahrscheinlichkeit brünstig, aber ein großer Prozentsatz von brünstigen Tieren bleibt unerkannt, da die Aktivitätssteigerung nicht hoch genug ausfällt, um erfasst zu werden

In der Abbildung 3 sind unterschiedliche Geräte zur Messung der Aktivität dargestellt.

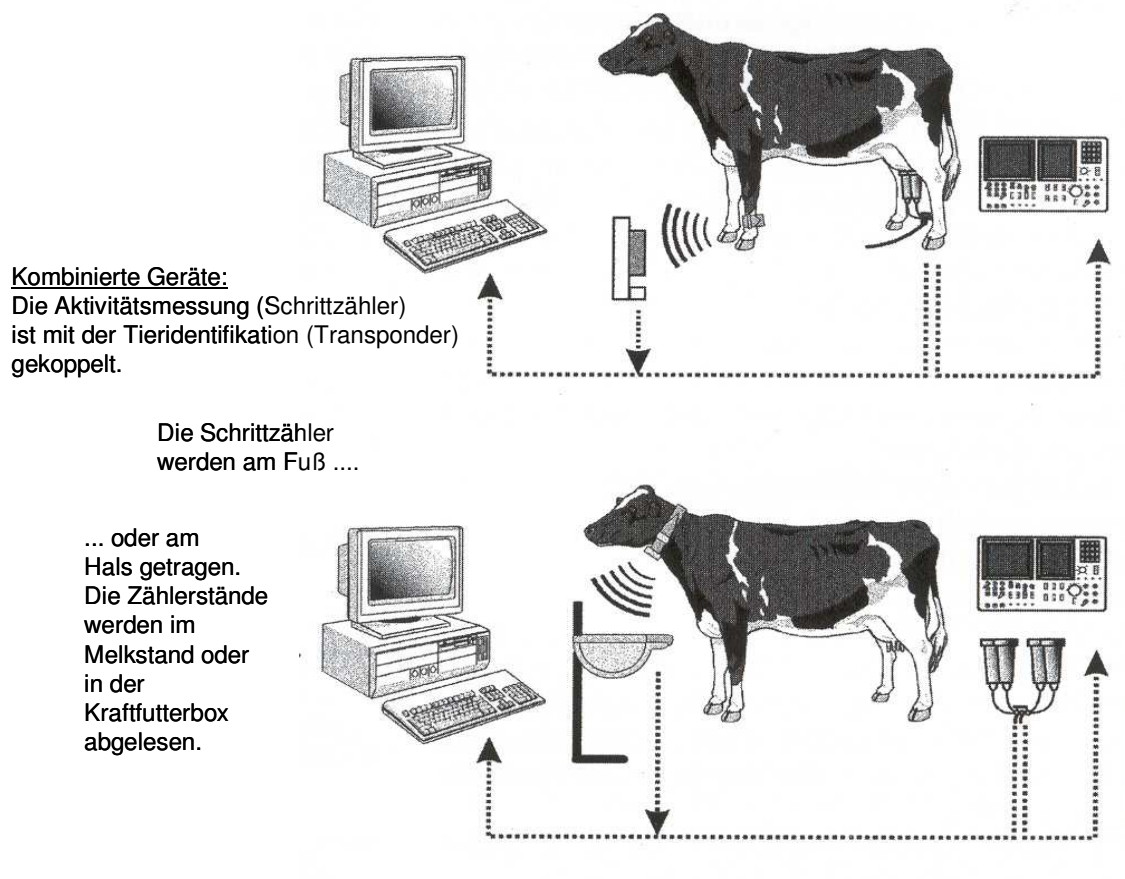


Abbildung 3: Kombinierte Geräte zur Brunstfeststellung - Aktivitätsmessung durch Schrittzähler (Grunert und Berchtold, 1999)

2. Heat Watch-System

Bei dem Heat Watch-System handelt es sich um einen Aufsprungdetektor. Dazu wird ein Drucksensor auf dem Kreuzbein von Kühen befestigt. Wird eine Kuh von anderen besprungen, sendet der Drucksensor Informationen über die Aufsprungsintensität und die Aufsprungsdauer an einen stationären Computer.

2.4 Stand der bioakustischen Forschung

2.4.1 Historische Entwicklung der Bioakustik

Ein Meilenstein auf dem Wege zur modernen Bioakustik war die Entwicklung der Methode zur Umwandlung von Schall in elektrische Signale und die damit verbundenen Möglichkeiten der Magnetaufzeichnung und Sichtbarmachung von Lauten.

Im Jahr 1946 wurde der erste Sound Spectrograph durch die Firma KAY hergestellt. Der analoge Spectrograph oder Sonagraph ist ein elektromechanisches Gerät, das die Funktionen Bandpassfilterung, Gleichrichtung und Glättung der Lautsignale mit der graphischen Darstellung verbindet. Es liefert einen zeitabhängigen Frequenzplot, der als Spektrogramm oder Sonagramm bezeichnet wird. Mit diesem Gerät tat sich die Möglichkeit auf, menschliche Sprache, aber auch Tierlaute, optisch direkt zu vergleichen. Begonnen wurde damals mit der systematischen Aufzeichnung von Tierlauten und dem Aufbau von Lautarchiven.

1956 wurde das „International Committee on Biological Acoustics“ an der State-University of Pennsylvania ins Leben gerufen - dies war die Geburtsstunde der modernen Bioakustik. Die noch heute gültige Forschungsaufgabe der Bioakustik wurde von Tembrock erstmals 1958 in seinem Buch „Tierstimmenforschung“ formuliert.

Danach ist die Aufgabe der Bioakustik, die Erforschung der Eigenschaften, Entstehung, Ursachen, Wirkungen und Entwicklung biologischer Schallereignisse unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bedeutung als Mittel der Übertragung von Nachrichten und der Zustandsbeeinflussung der Schallempfänger (Tembrock 2005).

Die Entwicklung der Fast Fourier Transformation (FFT) ermöglichte es erstmals, digitale Frequenzspektren auf einem Computer sichtbar zu machen (Cooley und Tuckey, 1965). Die spektrographische Analyse von Lauten mittels Sonagrammen nahm nun ihren festen Platz in der bioakustischen Analyse ein.

Während sich bioakustische Untersuchungen bis Ende der 1980er Jahre hauptsächlich auf die Untersuchungsobjekte Mensch und Wildtier konzentrierten, und hier insbesondere auf Primaten und Vögel, rückten ab Anfang der 1990er Jahre auch landwirtschaftliche Nutztiere in den Kreis des Interesses. Das hing direkt mit der zunehmend gestellten Frage nach artgerechterer Tierhaltung, nach dem Wohlbefinden, der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit der Tiere in der landwirtschaftlichen Haltung zusammen. Es wurde festgestellt, dass die Vokalisation für diese Fragestellung wichtige objektive, nicht-invasive Parameter liefern kann.

2.4.2 Methoden in der Bioakustik

Seit Einführung der ersten Spektrographen war lange Zeit die spektrographische Analyse von Lauten mittels Sonagrammen die am weitesten verbreitete Methode in der Bioakustik. Lautparameter wurden dabei direkt aus den Sonagrammen durch Messung ermittelt. Ein Frequenz-Zeit-Spektrogramm (Sonagramm) zeigt den zeitabhängigen Verlauf der spektralen Komponenten im Lautsignal. Es zeichnet das Signal in 3 Dimensionen – Amplitude, Frequenz und Zeit auf. Das digitale Sonagramm ist die abgetastete numerische Version des klassischen analogen Spektrogramms.

Die Analyse von Sonagrammen ist kompliziert, da verschiedene Analysebandbreiten auch gänzlich unterschiedliche Informationen liefern (Owren and Bernacki, 1998). Die Analysebandbreite bestimmt das Aussehen des Sonagramms: Breitband-Sonagramme mit einer hohen Auflösung im Zeitbereich (Kurzzeit-FFTs) ergeben eine gute Erkennbarkeit der Formantstruktur (Resonanz-Eigenschaften des Vokaltraktes) im Laut; Schmalband-Sonagramme mit einer hohen Auflösung im Frequenzbereich (Langzeit-FFTs) liefern Informationen über den Verlauf der Grundfrequenz und ihrer Harmonischen (Anregungsfrequenz durch den Kehlkopf). Dieser Effekt ist mit dem akustischen Modell der Lautproduktion (Fant, 1970; Rubin und Vatikiotis-Bateson, 1998) zu erklären, nach dem das von den Lippen abgestrahlte Lautsignal als eine Linearkombination aus periodischer Kehlkopfschwingung, verbunden mit der veränderlichen Resonanzcharakteristik des Vokaltraktes, gebildet wird. Die klassische Sonagrammanalyse erfordert also den Kompromiss, die Analysebandbreite so einzustellen, dass beide Effekte berücksichtigt werden. Dies führt zu Ungenauigkeiten bei der Analyse, außerdem ist die Gewinnung von Merkmalen aus dem Sonagramm subjektiv geprägt und von der Erfahrung des Analysators abhängig. Es ist weiterhin 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. Zu viele Merkmale überlasten die Rechenleistung für eine statistische Auswertung der Daten (Hammerschmidt und Todt, 1995; Schrader und Hammerschmidt, 1997; Schön et al., 1999).

Die Notwendigkeit der Datenreduktion bei Beibehaltung der charakteristischen Eigenschaften des Lautes führte zur Entwicklung neuer Methoden zur Parametrisierung der Laute.

Obwohl die Anzahl der verfügbaren Arbeiten über die Grundlagen der digitalen Signalanalyse in der Sprach- und Lautanalyse eher gering ist, liegen einige Übersichten dazu vor: Elementare Einführungen zur mathematischen Beschreibung der digitalen Signalverarbeitung sind in Steiglitz (1974), Rabiner und Gold (1975) und O'Shaughnessy (1987) enthalten. Einen Überblick zu den in der automatischen Spracherkennung benutzten Verfahren liefert Schukat-Talamazzini (1995). Gebräuchliche Verfahren der bioakustischen Untersuchung in der Primatenforschung stellen Owren und Linker (1995) vor. Einen Überblick zum aktuellen Stand der analytischen Methodik in der Bioakustik geben Hopp et al. (1998). Stoddard (1990) liefert eine Übersicht der Ende der 1980er Jahre verfügbaren Komponenten und Basis-Prozeduren auf mikroprozessorgestützten Rechnersystemen.

Nach Schukat-Talamazzini (1995) lassen sich Verfahren zur Merkmalgewinnung aus den Lauten in vier Bereiche einteilen: Merkmale aus dem Zeitbereich, Merkmale aus der Spektrumanalyse, Merkmale aus der Cepstrumanalyse und Merkmale aus der linearen Vorhersage (LPC-Analyse). Zeitbereichsmerkmale können die Kurzzeit – oder Langzeitenergie, die Nulldurchgangsrate, die Lautsequenz und die Autokorrelationsfunktion sein.

Charakteristisch für die Spektrumanalyse ist, dass die Daten des Zeitsignals aus dem Zeitbereich in das Frequenzspektrum und damit in den Frequenzbereich transformiert werden. Jede Spektralkomponente wird dabei durch Frequenz, Amplitude und Phasenlage charakterisiert. Die erste Datenreduktion bei der Betrachtung des Sonagramms oder des Spektrums erfolgt durch die Beschränkung der Betrachtung nur auf die Frequenz und Amplitude. Die Phasenlage wird hierbei vernachlässigt. Eine Transformation von z.B. 256 Datenpunkten im Zeitbereich führt zu einer Darstellung von 128 Datenpunkten im Frequenzspektrum.

Die Cepstrumanalyse und das Verfahren der linearen Vorhersage orientieren sich an dem akustischen Modell der Lautproduktion nach Fant.

Die Cepstrumanalyse (Noll, 1964; Bogert, 1963) trennt die periodischen Anteile des Lautsignals (Grundfrequenz und ihre zugehörigen Harmonischen) von den aperiodischen Anteilen (Envelope des Frequenzspektrums als Vokaltraktcharakteristik). Die Cepstrumanalyse übernimmt die Annahme aus dem akustischen Modell der Lautproduktion, dass das abgestrahlte Frequenzspektrum eine Linearkombination aus Quellenspektrum (Anregung) und Resonanzcharakteristik des Vokaltraktes ist. Methodisch wird das logarithmierte Amplitudenspektrum einer weiteren Fourier-Transformation unterzogen. Es kommt zu einer weiteren Halbierung des Datensatzes. Das Spektrum des Log-Spektrums ist eine neue Größe und wird Cepstrum genannt (aus Spec – rückwärts gelesen). Die horizontale Achse wird als Quefrenz (aus frequenz) bezeichnet, die Einheit ist die Zeit in Millisekunden (ms). Das Cepstrum liefert im nieder-quefrenten Bereich ein Abbild der Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes, im höher-quefrenten Bereich ein Abbild der Grundfrequenz und ihrer Harmonischen. Reduziert man das Cepstrum auf diesen nieder-quefrenten Anteil durch Anwendung eines digitalen Tiefpassfilters und berechnet von dem Rest eine FFT, so erhält man ein geglättetes Spektrum, das die Resonanzfrequenzen und Resonanzfrequenzbreiten darstellt.

Ein alternativer Ansatz zur Trennung der Anregung des Vokaltraktes von den Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes ist das lineare Vorhersagemodell. Das lineare Vorhersagemodell geht ebenfalls von dem akustischen Modell der Lautproduktion aus. Die lineare Vorhersage von Abtastwerten eines Zeitsignals mit Hilfe einer Linearkombination vorangegangener Abtastwerte liefert eine äußerst kompakte Kurzzeitrepräsentation des Lautsignals bei vergleichsweise bescheidenem

Rechenaufwand. Die berechneten Vorhersagekoeffizienten charakterisieren die Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes.

Für die statistische Auswertung von Lautparametern werden in der Regel vier methodische Ansätze genutzt:

(A) Herkömmliche statistische Methoden (z.B., ANOVA t-Test, Wilcoxon-Test), wenn wenige ausgewählte, voneinander unabhängige Parameter (z.B. Grundfrequenz, Dauer, Anzahl von Vokalisationen) beurteilt werden sollen.

(B) Komplexe statistische Methoden, um Gruppen von abhängigen Merkmalen zu vergleichen (z.B. Korrelationsanalyse, Diskriminanzanalyse, Clusteranalyse), wenn die komplexe Qualität eines Lautes, die von einem größeren Satz von Parametern beschrieben wird, erhalten bleiben soll (Schrader und Hammerschmidt, 1997).

(C) Neuronale Netzwerke erlauben die Klassifizierung von komplexen Parametermodellen mit stärkerer Streuung, da sie Variationen eines trainierten Parameters tolerieren (Schön et al., 2001).

(D) Hidden-Markov-Modelle, oder meist kurz HMM's, sind stochastische Modelle, die auf Markov-Ketten beruhen. Die Symbole in der beobachteten Ausgabesequenz sind dabei von der Markov-Kette entkoppelt, indem zusätzlich zu den Übergangswahrscheinlichkeiten für die internen (versteckten engl. „hidden“) Zustände noch Emissionswahrscheinlichkeiten für die Ausgabesymbole in Abhängigkeit von dem internen Zustand in das Modell einfließen. Hidden-Markov-Modelle erlauben die Klassifikation einer willkürlichen Anzahl von verschiedenen Vokalisationen, dies erfordert aber für jede Art von Vokalisation ein eigenes Hidden Markov Modell. Ein gegebener Laut wird dann dem am besten passenden HMM zugeschrieben (Jahns, 2002).

In den letzten Jahren wurde beständig nach neuen methodischen Ansätzen gesucht, die eine genauere Beschreibung und Bewertung von Tierlauten erlauben. Ein aktueller Ansatz ist die Bewertung nichtlinearer Phänomene in der tierischen Vokalisation. Die Vokalisationen von Tieren umfassen dabei den Bereich von periodischen tonalen Lauten bis zu vollkommen atonalen turbulenten Lauten (geräuschhaften Lauten). Zwischen diesen Stadien erscheinen nichtlineare dynamische Phänomene. In einigen Untersuchungen wird angenommen, dass zunehmende nichtlineare Phänomene mit einem verschlechterten Zustand oder einer Belastung des Tieres korrelieren können (Riede et al., 2001; Tokuda et al., 2002).

2.5 Bisherige Untersuchungen zur Vokalisation von Rindern

Einige Autoren haben versucht, das Auftreten von verschiedenen Formen der Vokalisation beim Rind zu beschreiben und zu klassifizieren, indem sie spektrografische Methoden benutzten (Kiley, 1972; Liebenberg et al., 1977; Hall et al., 1988). Kiley (1972) identifizierte 6 verschiedene Laute, die eher als Teil eines Kontinuums vorkommen, und weniger diskrete Laute darstellen. Es wurden auch kommunikative Funktionen der Vokalisation bei Rindern erforscht, z.B., die gegenseitige Erkennung von Müttern und Kälbern (Barfield et al., 1994; Marchant-Forde et al., 2002).

Mit der wachsenden Forderung, das Wohlergehen "vom Gesichtspunkt des Tieres aus" zu messen, steht das Studium von Vokalisationen des Rindes auch im Fokus des Interesses. Watts und Stookey (2000) haben vorgeschlagen, das vokale Verhalten von Rindern als einen potentiell nützlichen Indikator ihres physiologischen und psychologischen Zustandes zu nutzen. Es sollte dabei aber auch berücksichtigt werden, dass viele Aspekte der kommunikativen Funktion der Laute sowie deren endogenen und exogenen Ursachen noch schlecht verstanden werden

(Watts und Stookey, 2000), und dass eine beträchtliche interindividuelle Variabilität eine klare Einschätzung im Blick auf das Wohlergehen vielleicht komplizieren könnte (Watts et al., 2001).

In anderen Arbeiten wird empfohlen, das Auszählen von Vokalisationen als einen sehr einfachen Parameter für das Handling und eventuelle Ausrüstungs-Probleme in Schlachthöfen zu nutzen (Grandin, 1998; 2001).

Das Brandmarken verursacht offensichtlich bei Kälbern einen sehr starken Schmerz. Im Gegensatz zur reinen Fixation wird es von einer zunehmenden Vokalisation einschließlich der Änderung von einigen Frequenzcharakteristiken der Laute begleitet (Watts und Stookey, 1999).

Es ist auch gezeigt worden, dass sowohl Kühe als auch Kälber als Antwort auf eine Separierung vokalisieren (Weary und Chua, 2000; Flower und Weary, 2001; Watts et al., 2001; Marchant-Forde et al., 2002). Kurze Perioden sozialer Isolation in unbekanntem Umgebungen scheinen für Kühe stressintensiv zu sein, was sich sowohl durch eine zunehmende hochfrequente Vokalisation als auch parallel durch die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Adrenalen-Achse ausdrückt (Rushen et al., 1999).

Vokalisationen von Kühen nach Separierung von den Kälbern lösten Herzreaktionen bei den Kälbern aus (Marchant-Forde et al., 2002). Thomas et al. (2001) demonstrierten, dass einige Variationen in der vokalen Antwort von Kälbern beim Absetzen und der Separierung (z.B. eine Zunahme der Grundfrequenz) mit einer Milchdeprivation bei der Kuh korreliert sind. Dies zeigt, dass vokale Äußerungen von Kälbern Informationen über die allgemeinen Bedürfnisse beinhalten können.

Moderne Lautanalyse-Techniken und komplexe statistische Methoden können helfen, bestimmte Laute oder Lautmerkmale von Rindern zu analysieren. So können

der Zustand eines Tieres eingeschätzt oder Individuen klassifiziert werden (Laube et al., 1988; Jahns et al., 1997; Ikeda und Ishii, 2001). Bestimmte Standardlösungen oder Systeme sind aber noch nicht verfügbar. Zu Untersuchungen über die Vokalisation von Kühen während der Brunst konnten keine publizierten Forschungsergebnisse gefunden werden. Aus dem praktischen Umgang mit Rindern ist aber bekannt, dass es während der Hochbrunst zu einer Veränderung der Lautgebung kommt.

3 Material und Methoden

3.1 Stallbuch

In der Haltungseinheit für Rinder des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf wird ein Stallbuch geführt, in das die relevanten Daten, wie Ohrmarkennummer und Geburtsdatum bei Einstallung eingetragen werden. Alle wichtigen Vorgänge, die das jeweilige Tier betreffen (z.B. Medikation und Versuche), werden darin vermerkt. Außerdem wird jedes Tier täglich einer genauen Brunstkontrolle unterzogen und die Brunstmerkmale werden auf der Basis eines Brunstschlüssels in das Stallbuch eingetragen. Diese Daten standen für die vorliegende Arbeit zur Auswertung zur Verfügung.

3.2 Anwendung einer Programmbibliothek unter LabVIEW[®] für die Lautanalyse

LabVIEW[®] (LabVIEW[®], 1999) ist eine grafische Programmierumgebung, die auf der Programmiersprache C basiert. Mit Hilfe von LabVIEW[®] wurde am Forschungsinstitut Dummerstorf eine Programmbibliothek zur Analyse von Tierlauten entwickelt. Die Anwendbarkeit dieser Programmbibliothek zur Aufnahme und Sichtbarmachung von

Lauten während des Östrus und in der Mitte des Zyklus wurde überprüft. Dazu wurden von 2 Jungrindern der Rasse Fleckvieh Laute während des Östrus und in der Mitte des Zyklus aufgenommen und mit einem Sonagramm sichtbar gemacht. Die Tiere (DE0934936730 und DE0934851144) waren im Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztierhaltung aufgestellt, sie wurden in Anbindehaltung gehalten.

3.3 Experiment I

Ziel des ersten Versuches war die Aufnahme von Lauten von Rindern in unterschiedlichen Stadien ihres Zyklus. Verwendet wurde ein Aufnahmeverfahren, das Bild und Ton lieferte um eine genaue Zuordnung der Laute zu dem jeweiligen Tier zu gewährleisten.

Für den Versuch standen 8 Tiere des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztierhaltung in Dummerstorf zur Verfügung.

Die Versuchsdauer war 12 Wochen. Der Beginn der Aufnahmereihe war im Dezember 2002, das Ende der Aufnahmen im Februar 2003. Die Vokalisation der Tiere wurde während der Brunst aufgenommen und dann in der Zyklusmitte. Um den Östrus und die Mitte des Zyklus anhand der Progesteronkonzentration zu verifizieren, wurde den Tieren während der Aufnahmen 5-6 ml Blut aus der Vena coccygea (Schwanzvene) entnommen.

Aus den Gesamtaufnahmen sind die zu verarbeitenden Sequenzen ausgeschnitten und als Einzeldateien auf einem Rechner gespeichert worden.

3.3.1 Tiermaterial und Aufnahmetechnik

Bei den Tieren handelte es sich um 6 Jungrinder der Rasse Deutsche Holsteins (DH) und 2 Jungrinder der Rasse Fleckvieh (FV). Gefüttert wurde 2x täglich eine Mischung

aus Heu, Stroh, Anwel- und Maissilage sowie pro Tier 0,5 kg Mineralfutter 2000, Ergänzungsfutter für Milchkühe (Hersteller Mischfutterwerke GmbH, Schwaner Straße 32a, 18273 Güstrow). Die Wasseraufnahme erfolgte aus Selbsttränkebecken. Die Brunstkontrolle erfolgte durch Einzeltierkontrolle mindestens 2x täglich. Die Ergebnisse wurden unter Verwendung eines Brunstschlüssels in ein Stallbuch übertragen. Dabei wurden die Kriterien Schwellung und Rötung der Vulva und Schleimabsonderung aus der Scheide in drei Ausprägungsgraden (schwach, mittel, stark) beurteilt.

Im Experiment I wurde die Vokalisation der Tiere zu verschiedenen Zykluszeiten mit einem Camcorder aufgenommen. Vokalisationsaufnahmen mit einem Camcorder haben den Vorteil, dass die aufgenommenen Laute dem entsprechenden Tier sehr gut zuzuordnen sind, weshalb die Tiere für den Versuch nicht separiert wurden. Für die Aufnahmen wurde ein Stativ mit Videokamera (Typ Canon camcorder UC8, Hi) vor dem jeweiligen Jungrind aufgestellt. Die Aufnahmezeiten waren durch die Aufnahmetechnik (Videobandlänge) auf die Dauer von maximal 1,5 Stunden begrenzt. Bei zusätzlichem Bedarf wurde die Kassette gewechselt und nochmals 1,5 Stunden aufgenommen.

Tabelle 1: Tieridentifikationsnummer, Aufnahmezeitraum, Aufnahmezeiten und Progesteronkonzentrationen im Experiment I

Ohrmarken- nummer	Rasse	Geboren	Brunst	Mitte Zyklus	Progesteron- konzentration [ng/ml]	Aufnahme- zeit gesamt [h]
DE0934950339	FV	04.03.2001	06.12.2002		0,64	6,5
				29.01.2003	2,33	
			07.02.2003		0,60	
DE0934831998	FV	19.02.2001		03.12.2002	4,04	2,0
DE1300743228	DH	10.01.2000	04.02.2003		0,64	3,0
				17.02.2003	0,82	
			26.02.2003		0,89	
DE1300705627	DH	02.06.1999	15.01.2003		0,70	6,5
				28.01.2003	4,11	
DE1300412824	DH	08.04.1999	23.01.2003		0,67	2,0
				04.02.2003	2,83	
DE1300449746	DH	25.12.1997	21.01.2003		0,26	2,0
				30.01.2003	2,29	
DE1301653835	DH	18.09.2001	23.01.2003		0,50	4,5
				04.02.2003	2,02	
			11.02.2003		0,60	
DE1301585711	DH	02.12.2001	24.01.2003		0,44	1,5

3.3.2 Gewinnung von Parametern

Aus den Gesamtaufnahmen wurden die benötigten Lautsequenzen mit dem Programm „DVTools Version 2.0.148“, einem Teilprogramm des Pinnacle Systems (Video-Schnittplatz), ausgeschnitten und gleichzeitig digitalisiert. Nach diesem Grobschnitt erfolgte der Feinschnitt mit dem Programm Adobe Premiere Version 6.5.

Durch den Feinschnitt sind die langen Lautsequenzen in einzelne Laute aufgeteilt worden, zugleich wurden die Lautdateien von den Videosequenzen getrennt. Anschließend wurden die im WAV-Format gespeicherten Lautdateien in ein für LabVIEW® lesbares Format umkodiert.

Die grafische Programmieroberfläche LabVIEW® wird im Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Forschungsbereich Verhaltensphysiologie, eingesetzt, um anwendungsorientierte Prozeduren für die Merkmalsgewinnung aus den Lauten zu erstellen. Aufbauend auf Lautanalysen beim domestizierten Schwein (Schön et al., 1998; 2001) wurde eine spezielle Software entwickelt, um charakteristische Merkmale der Laute auch vom Rind zu separieren. In allen aufgenommenen Lauten konnten im Sonagramm zwei Grundstrukturen (harmonisch und nichtharmonisch) festgestellt werden. Charakteristisch für die nichtharmonischen Anteile des Lautes („Brüll“-Lautanteile) ist eine stark geräuschhafte Struktur im Gegensatz zur harmonischen Struktur der „Muh“-Lautanteile, deren Grundfrequenz mit ihren Harmonischen sehr gut darstellbar ist. Zur Lautmodellbildung zur Unterscheidung der beiden Strukturen erwies sich die Hüllkurve des Cepstrums als sehr gut geeignet, was in Abbildung 4 dargestellt wird. Der als Beispiel in Abbildung 4 dargestellte Laut beginnt mit einem harmonischen Anteil, gefolgt von einem geräuschhaften Anteil und endet wieder mit einem harmonischen Anteil. Dies ist sehr gut im Sonagramm des Gesamtlautes zu erkennen. In der Kurzzeitspektralanalyse von Lauten ist es üblich, die Laute in Lautabschnitte (Zeitfenster konstanter Länge) aufzuteilen. Für alle unsere Untersuchungen wählten wir Zeitfenster in einer Länge von ca. 100 ms. Für die einzelnen Zeitfenster wurden dann die mathematischen Transformationen nacheinander durchgeführt. Im dargestellten Beispiel wurde als erster Schritt eine

Fast-Fourier-Transformation (FFT) durchgeführt, um das Frequenzspektrum zu erhalten. Eine nochmalige FFT des logarithmierten Frequenzspektrums lieferte das Cepstrum des Lautabschnittes. Während das Frequenzspektrum die einzelnen Frequenzanteile und ihre entsprechende Intensität anzeigt, liefert das Cepstrum die "Frequenz" des Spektrums, das heißt den "Rhythmus" oder den "Takt" der harmonischen Frequenzanteile im Lautabschnitt. Die Querechse (X-Achse) hat dann die Einheit Zyklen pro Hertz.

Für die in Abbildung 4 dargestellten einzelnen Zeitfenster (Schnitt 1-3) ist das Cepstrum der schwarze Kurvenverlauf im oberen Diagramm. Es ist zu erkennen, dass sich die Cepstren von harmonischen und nicht-harmonischen Anteilen voneinander unterscheiden. Die Cepstren als Modell der einzelnen Lautabschnitte enthalten aber noch zu viele Parameter für eine effektive Datenverarbeitung. Die Einhüllende des Cepstrums (Envelope – rote Kurve im Diagramm) entsteht, indem das Frequenzspektrum einem linear prediction coding (LPC) unterzogen wird. Das Ergebnis dieses mathematischen Algorithmus sind die LPC-Koeffizienten (rote Balken im unteren Diagramm in Abbildung 4). Wird mit den so ermittelten LPC-Koeffizienten eine Polynomentwicklung durchgeführt, so ergibt sich als Ergebnis die dargestellte Hüllkurve des Cepstrums.

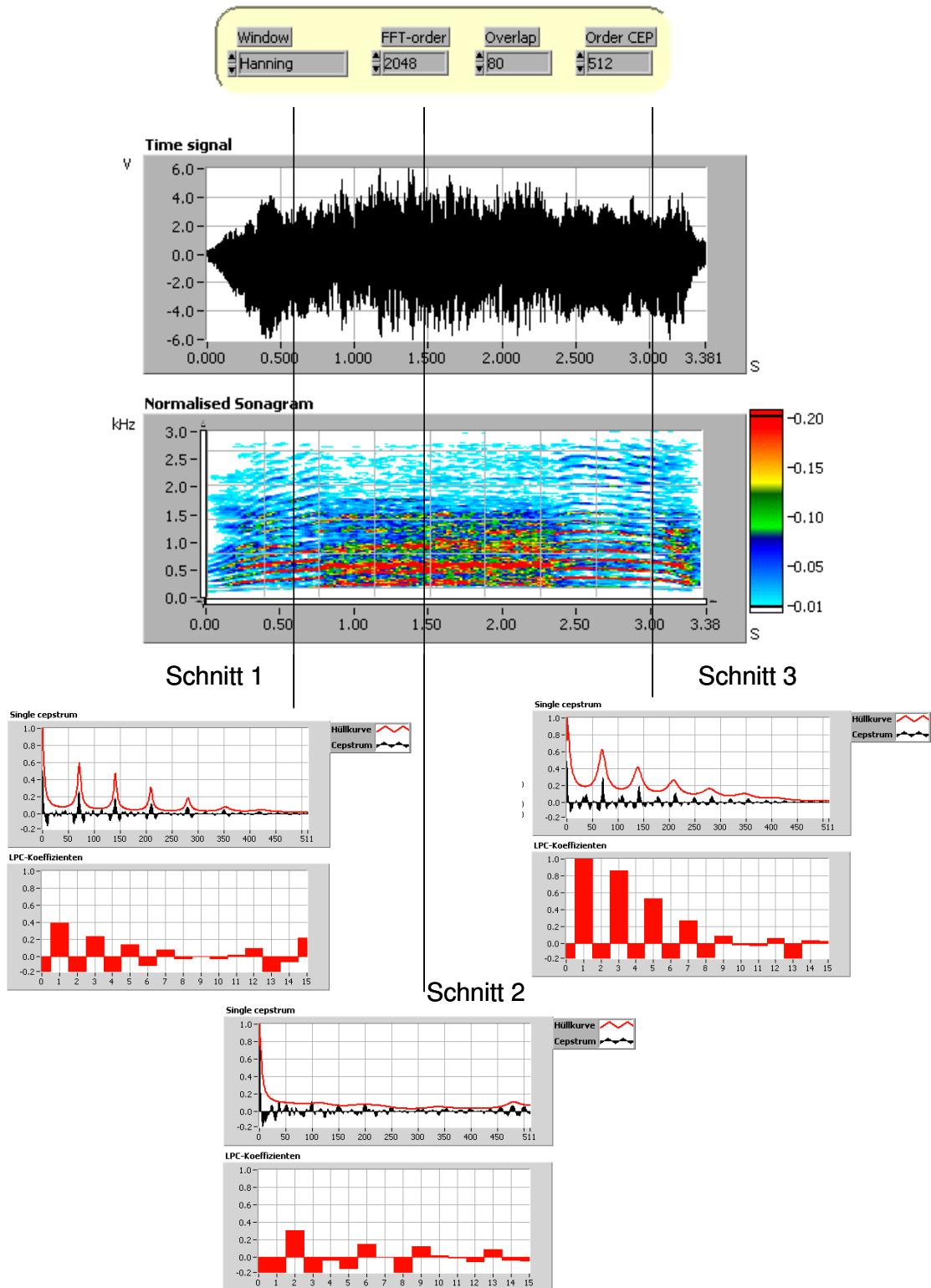


Abbildung 4: Laut bestehend aus harmonischem, nichtharmonischem und wieder harmonischem Anteil. Für Schnitt 1 bis 3 (Lautfenster) ist das Cepstrum (schwarz) und die Hüllkurve des Cepstrums (rot) dargestellt. Die LPC-Koeffizienten (rote Balken) beschreiben dabei diese Hüllkurve

Die Abbildung 4 zeigt, dass die harmonische Struktur im Frequenzspektrum eine sehr gleichmäßige Schwingung der Einhüllenden des Cepstrums (rote Kurve im oberen Diagramm) liefert, was bei den nicht-harmonischen Anteilen nicht gegeben ist.

Die Hüllkurven der harmonischen Anteile unterscheiden sich von denen der nicht-harmonischen Anteile. Da die LPC-Koeffizienten diese Hüllkurve bestimmen, sind diese Koeffizienten ein Modell zur Klassifizierung der beiden Lauttypen.

Für die Modellbildung haben sich 12 LPC-Koeffizienten als ausreichend erwiesen. Für alle Zeitfenster von 100 ms entstand so ein Modell des Lautes mit 12 Parametern.

Mit einem speziell entwickelten Schnittprogramm, das neben der Lautdarstellung im Zeitbereich auch eine Darstellung im Frequenzbereich (Sonagramm) lieferte, wurden die harmonischen Lautanteile (aus Lauten aufgenommen außerhalb der Brunst) und die nicht-harmonischen Lautanteile (aus Lauten aufgenommen während der Brunst) per Hand separiert. Mit einem Computerprogramm, das den oben beschriebenen Algorithmus verwirklichte, erfolgte die Extrahierung der LPC-Koeffizienten. Die 12 LPC-Koeffizienten lieferten so einen LPC-Vektor.

Die Klassifikation der LPC-Vektoren erfolgte mit einem künstlichen neuronalen Netzwerk (selbstorganisierende Merkmalskarte nach Kohonen, 1997), das die LPC-Vektoren als 12 dimensionale Eingabevektoren für das Anlernen der Netzwerke nutzt. Kohonen-Netzwerke liefern eine Visualisierung der angelernten Datenstruktur. Die Lautmodelle (Aufeinanderfolge von LPC-Vektoren), die nach normalen „Muh“-Lauten und während der Brunst aufgenommenen „Brüll“-Lauten sortiert wurden, bestimmten dann während des Anlernens oder Trainings des Kohonen-Netzes dessen Struktur.

3.3.3 Bestimmung der Progesteronkonzentration

Die Konzentration des Steroidhormons Progesteron im Blutplasma wurde mit einem direkten, kompetitiven Tritium-Radioimmunoassay (RIA) bestimmt, der im Forschungsbereich Fortpflanzungsbiologie des FBN Dummerstorf ausgearbeitet und für Untersuchungen beim Rind optimiert wurde (Schneider et al., 2002). Als Tracer diente ein [1,2,6,7-³H]Progesteron (Amersham Pharmacia Biotech, Freiburg), während ein Antikörper durch Immunisierung von Kaninchen mit einem 11-OH-Progesteron-Konjugat erzeugt wurde. Die Trennung des antikörper-gebundenen vom freien Steroid (B/F) wurde mit Dextran-Aktivkohle vorgenommen. Die Messung erfolgte in einem Flüssigszintillationszähler mit RIA-Kalkulation (Wallac, Finnland-Schweden). Die Variationskoeffizienten (VK) für den Intra-Assay und den Inter-Assay waren 8.0 bzw. 9.6 % (Schneider et al., 2002).

3.4 Experiment II

Ziel des zweiten Experimentes war eine kontinuierliche Lautaufnahme über mehrere Tage mit eindeutiger Zuordnung der Laute zu dem jeweiligen Tier.

Für das Experiment II standen 10 Jungrinder (Deutsche Holsteins) des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf zur Verfügung. Der zweite Versuch wurde über einen Zeitraum von vier Monaten durchgeführt. Aufnahmebeginn war im Februar 2004, Aufnahmeende war im Juli 2004. Im Experiment II wurde mit Hilfe eines neu geschriebenen Computerprogramms eine lückenlose Aufnahme aller Laute der einzelnen Tiere über einen Zeitraum von 5 Tagen möglich.

3.4.1 Tiermaterial und Versuchsaufbau

Die 10 Jungrinder waren in Anbindehaltung aufgestellt. In der untenstehenden Tabelle sind die 10 Tiere aus der Versuchstieranlage aufgeführt, die in die Versuchsauswertung der zweiten Versuchsreihe eingingen.

Tabelle 2: Verwendete Tiere, Aufnahmezeitraum und Ergebnisse der visuellen Brunstbeobachtung im Experiment II

Ohrmarkennummer	Aufnahmebeginn	Aufnahmeende	Datum der visuell festgestellten Brunst
DE1301729866	29.03.2004 13:15	05.04.2004 15:00	02.04.2004
DE1301729852	13.04.2004 10:55	19.04.2004 07 :00	16.04.2004
DE1301729876	19.04.2004 07:30	24.04.2004 14:15	22.04.2004
DE1301928559	24.04.2004 14:15	30.04.32004 13:30	28.04.2004
OM1301585731	30.04.2004 13:30	06.05.2004 09:45	05.05.2004
DE1301928557	07.05.2004 07:30	12.05.2004 07:00	keine Brunst festgestellt
DE1301729861	12.05.2004 07:30	17.05.2004 13:00	16.05.2004
DE1301729884	24.05.2004 07:30	29.05.2004 13:20	28.05.2004
DE1301928556	29.05.2004 13:20	07.06.2004 10:00	keine Brunst festgestellt
DE1301928555	05.07.2004 10:00	13.07.2004 12:00	10.07.2004

Für Experiment II wurden die ausgewählten Tiere am Ende der Anbindereihe mit einem Abstand von ungefähr 15 Metern zum nächsten Tier aufgestellt. Die Tiere hatten Sicht- und Stimmkontakt zu den anderen Rindern im Stall und wurden zeitgleich mit den anderen Tieren gefüttert. Fremdaufnahmen von anderen Tieren konnten vermieden werden. Gemessen wurde mit einem Mikrofon, das mittels eines Senders die aufgenommenen Laute in Echtzeit auf einen Computer übertrug. Das Mikrofon befand sich in der Nähe des Kopfes des Tieres. Mittels einer Aufnahmeschwelle konnten Falschaufnahmen (Laute anderer Tiere) zum größten

Teil verhindert werden. Die Lautaufnahmen erfolgten über die Dauer von 5 Tagen um den Brunstzeitpunkt herum. Begonnen wurden die Aufnahmen am Tag 11 des Zyklus.

Am Tag 12 des Zyklus erhielt jedes Tier eine Prostaglandin $F_{2\alpha}$ -Injektion zur Auslösung der Brunst. Zur Bestimmung der Progesteronkonzentration wurden jeden Morgen um 08:00 Uhr 5-6 ml Blut aus der Vena coccygea entnommen. Der Verlauf der Progesteronkonzentration wurde über einen Zeitraum von 5 Tagen gemessen, ab Tag 11 des Zyklus.

Die Aufnahmetechnik und das entwickelte Aufnahmeprogramm ermöglichten es, dass jeder aufgenommene Laut als Signalverlauf, bestehend aus Einzeldateien, im Rechner gespeichert werden konnte. Auf diese Weise entstanden pro Tier zwischen 200 und 600 Einzeldateien, mit dem jeweiligen Laut, dem Datum, der Uhrzeit, der Länge des Lautes und dem zeitlichen Abstand zum vorherigen Laut.

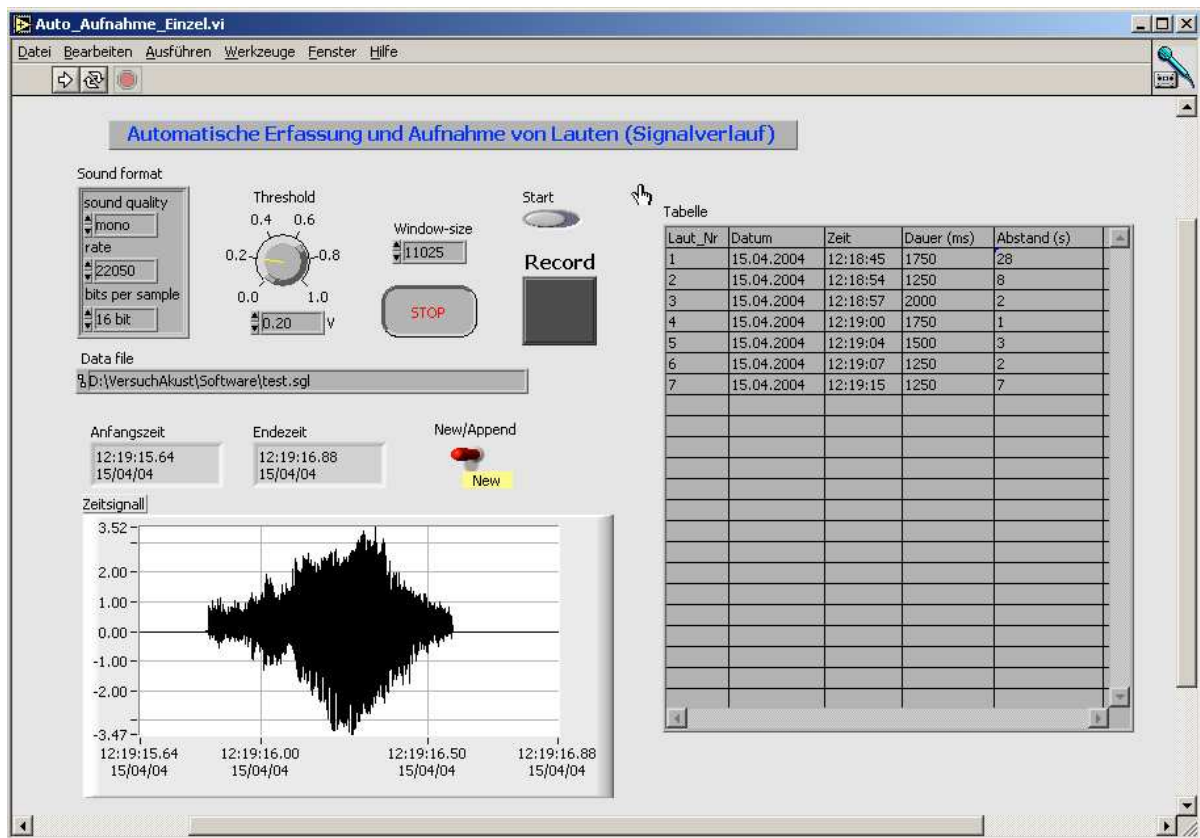


Abbildung 5: Bedienbildschirm für das automatische Aufnahmeprogramm der Laute. Mit dem Regler „Threshold“ wird die Aufnahmeschwelle eingestellt. Das Diagramm zeigt den letzten aufgenommenen Laut mit Anfangs- und Endezeit. Die Tabelle links führt Protokoll über alle aufgenommenen Laute mit Datum, Uhrzeit, Dauer und Abstand zum vorherigen Laut

3.4.2 Brunstinduktion und Probenentnahme

Für die Brunstinduktion wird die Substanz Prostaglandin $F_{2\alpha}$ verwendet. Die wichtigste physiologische und pharmakologische Wirkung der Prostaglandine $F_{2\alpha}$ ist die Luteolyse, das heißt eine Regression des Corpus luteum (Gelbkörper) mit Abfall der Serum-Progesteronkonzentration. Corpora lutea vom Tag 1 bis Tag 5 des Zyklus sind refraktär gegenüber einer Prostaglandin $F_{2\alpha}$ -induzierten Luteolyse.

Zur Brunstinduktion wurde den Jungrindern 0.5 mg Prostaglandin $F_{2\alpha}$ intramuskulär injiziert. Das Intervall bis zum Brunstbeginn beträgt 2 bis 4 Tage. Um den

Versuchsaufbau für alle Tiere gleich zu gestalten, wurde immer am Tag 12 des Zyklus, bezogen auf den Tag Null (Tag der Brunst), mit Prostaglandin $F_{2\alpha}$ die Brunst induziert. Als Prostaglandin $F_{2\alpha}$ -Hormon wurde das Präparat Veyx[®]forte mit dem Wirkstoff Cloprostenol von der Firma Veyx-Pharma GmbH, Schwarzenborn verwendet.

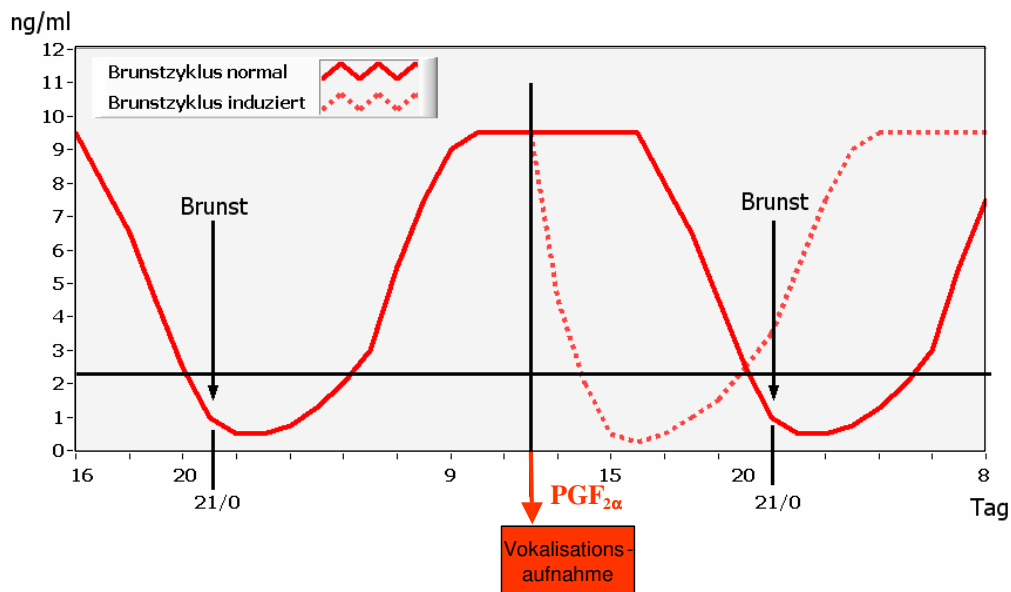


Abbildung 6: Schematischer Verlauf der Progesteronkonzentration während des Sexualzyklus (normal und induziert). Der Zeitraum der Vokalisationsaufnahme ist gekennzeichnet. Zur Auslösung der Brunst wurde das Hormon Prostaglandin $F_{2\alpha}$ intramuskulär injiziert

3.4.3 Aufnahmetechnik

Die Vokalisationsaufnahmen erfolgten vom Tag 11 des Zyklus, 08:00 Uhr bis zum Tag 16 des Zyklus, 08:00 Uhr mit dem „evolution wireless Serie ew 112 G2“ der Firma Sennheiser. Das drahtlose Aufnahmesystem bestand aus einem Ansteckmikrofon ME 2“ (Kondensator, Kugel), Sender „SK 100 G2“ und einem stationären Empfänger „EM 112 G2“. Das Mikrofon wurde in direkter Nähe des Kopfes des Tieres angebracht. Der Empfänger war mit dem „Line in“ der Soundkarte

des Rechners verbunden. Die Digitalisierung erfolgte mit einer Abtastrate von 22050 Hz, 16 bit Auflösung in Monoqualität.

Das Ziel der Vokalisationsaufnahme war die getrennte Aufzeichnung der einzelnen Laute des Tieres mit entsprechender Zeitangabe. Aufgenommen werden sollten nur solche Schallereignisse, die einen bestimmten Grenzwert über eine bestimmte Zeit überschritten. Ein Signal wurde als Schallereignis definiert, wenn es am Anfang einen bestimmten Schwellenwert überschritt, eine gewisse Zeit über dem Schwellenwert anhielt und dann wieder unter den Schwellenwert absank. Das Signal, oder in diesem Fall der Laut, war also durch Zeiten der „Stille“ zu anderen Lauten abgegrenzt. Ein spezieller Aufnahmealgorithmus mit Hilfe eines Programms unter der grafischen Programmieroberfläche LABVIEW[®] wurde entsprechend Abbildung 7 entwickelt. Kontinuierlich wurden Lautfenster von 250 ms gebildet. Diese Lautfenster bestanden aus 5511 Einzeldaten. Über die Mittelwertbildung und den Vergleich mit einem Schwellenwert wurde bestimmt, ob das Lautfenster berücksichtigt wurde oder nicht. Wurde ein Lautfenster berücksichtigt, wurde es gespeichert. Das Programm merkte sich die Zeitangabe zu diesem Lautfenster. Alle folgenden Lautfenster, die über der Schwelle lagen, wurden jeweils an das vorherige Lautfenster angereiht. Lag eines der folgenden Lautfenster unter der Aufnahmeschwelle, wurde das Schallereignis beendet. Um den Laut mit Anfang und Ende zu erfassen, wurde das Lautfenster vor dem ersten berücksichtigten Lautfenster (L_{G-1}) vorne angereiht und das aktuelle Lautfenster, das nicht über der Schwelle (L_G) lag, hinten angereiht.

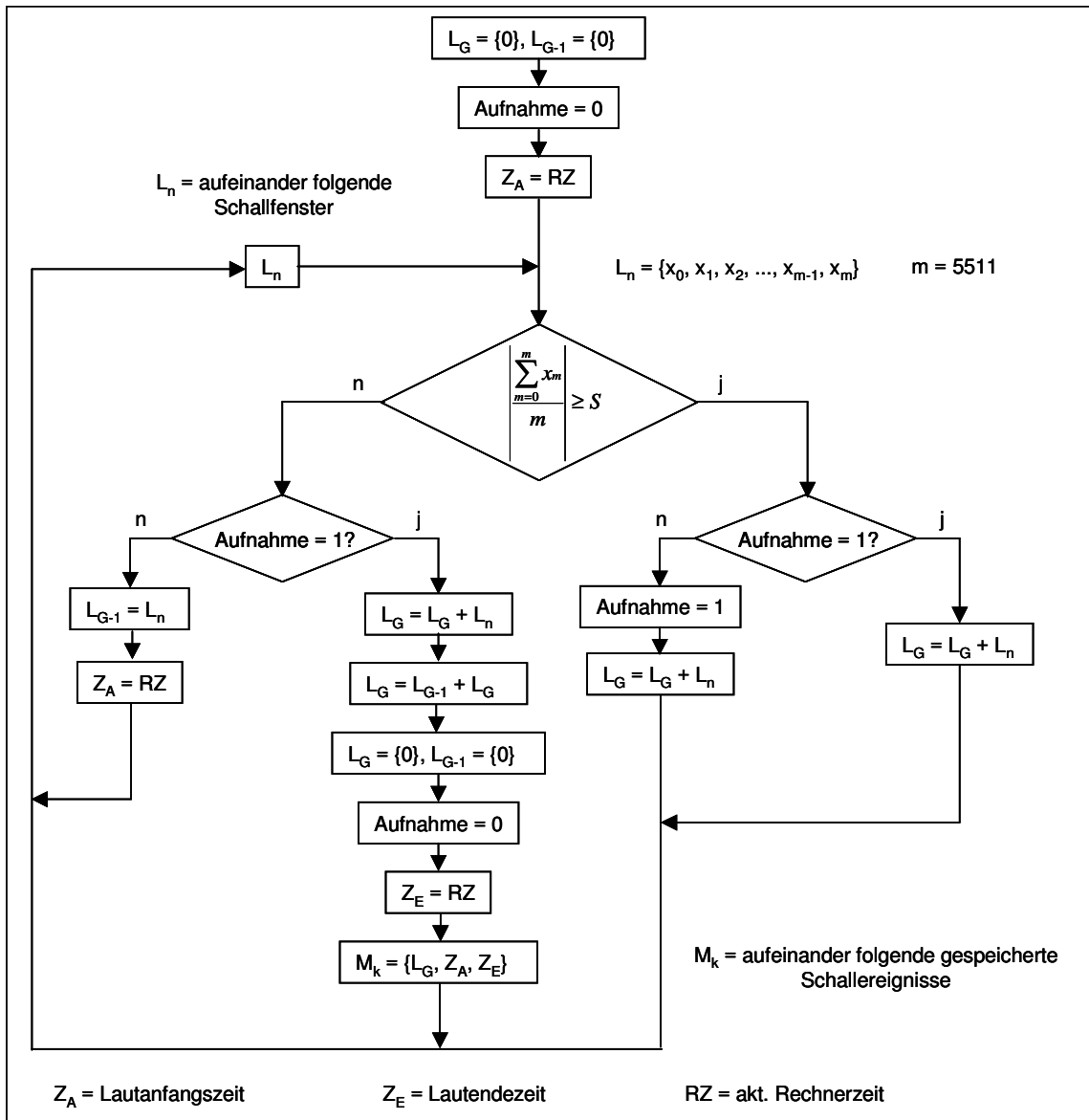


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Algorithmus für die Lautaufnahme

Die Lautfensterlänge von 250 ms wurde dem kürzesten gemessenen Laut aller Tiere angepasst. Die Fenster waren lang genug, um, wie oben beschrieben, das Anschwellen (L_{G-1}) und Abschwelen (L_G) der Laute mit aufzuzeichnen. Die Schwelle wurde so eingestellt, dass nur Schallereignisse direkt in der Umgebung des Kopfes des Jungrindes aufgenommen wurden. Nach Einstellung wurde die Schwelle in diesem Versuch konstant bei 0.7 belassen.

3.4.4 Gewinnung von Parametern

Durch die veränderte Aufnahmetechnik entstand für jedes Tier eine kontinuierliche Lautaufnahme über mindestens fünf Tage. Diese Aufnahmen setzten sich jeweils aus aneinander gereihten Einzellauten zusammen, die mit den Parametern Datum, Anfangs- und Endezeit des Lautes, der Dauer des Lautes sowie des Abstandes zum vorhergehenden Laut abgespeichert wurden. Die Lautdateien wurden anschließend mehrmals mit einem Computerprogramm akustisch analysiert. Aufgenommene Nebengeräusche sowie in seltenen Fällen die Laute anderer Tiere wurden gelöscht. Der Verlauf der Vokalisation (Anzahl der Vokalisationen insgesamt pro Zeiteinheit) wurde nach MS-Excel übertragen und in Diagrammen dargestellt.

In Kapitel 3.3.2 wurde das Verfahren beschrieben, Lautanteile nach harmonischer oder nicht-harmonischer Struktur zu klassifizieren. Dabei wurde jeder Laut in Zeitfenster eingeteilt (Lautabschnitte fester Länge – in diesem Fall ca. 100 ms). Zur Klassifikation der Zeitfenster in harmonisch/nichtharmonisch wurde die Hüllkurve des Cepstrums, die durch LPC-Koeffizienten bestimmt wurde, benutzt. Im Gegensatz zum Experiment I wurden die Anteile harmonisch/nichtharmonisch nicht per Hand aus den Lauten geschnitten, sondern automatisch mit einem Computerprogramm ermittelt, welches unter LabVIEW[®] entwickelt wurde. Das Computerprogramm nutzte dabei die Eigenschaft der Hüllkurve des Cepstrums aus, die in den harmonischen Anteilen des Lautes mehrere lokale Maxima lieferte, während in den nichtharmonischen Anteilen nur ein lokales Maximum vorhanden war (Abbildung 4). Als Ergebnis der Analyse wurden für jeden einzelnen Laut die einzelnen Zeitfenster in harmonisch („Muh“- Anteil) und nichtharmonisch („Brüll“-Anteil) klassifiziert. Wie für den Verlauf der Gesamtvokalisation ergab sich so auch ein Verlauf der so genannten „Muh“-Anteile und der „Brüll“-Anteile über den Messzeitraum.

Zur Darstellung der visuellen Struktur der Daten wurden mit den automatisch ermittelten Vokalisationsanteilen „Muh“ und „Brüll“ Kohonen- Netzwerke für jedes Tier angelernt. Die Merkmalskarte besteht aus 120 mal 120 Neuronen. Jedes Neuron hat die gleiche Dimension wie die Eingabevektoren, in unserem Fall die 12 (12 LPC-Koeffizienten). Am Anfang des Anlernens oder des Trainings der Merkmalskarte sind alle Neuronen zufällig belegt. Die Eingabevektoren treffen beim Anlernen auf die Merkmalskarte und suchen das Neuron auf, auf das sie am besten passen (geringster euklidischer Abstand = „Best match“). Dieses Neuron wird dann gleich dem Eingabevektor gesetzt, und die umliegenden Neuronen werden entsprechend eingestelltem Lernradius und eingestellter Lernrate ebenfalls beeinflusst. Ähnliche Vektoren siedeln sich also in gleichen Gebieten an. Es entstehen Täler auf der Merkmalskarte. Unterschiedliche Vektoren werden durch Hügelketten voneinander getrennt.

3.4.5 Statistische Analyse

Der Verlauf der Vokalisationen, der „Muh“-Laute und der „Brüll“-Laute, sowie der Verlauf der Progesteronkonzentration, wurden auf den Tag 0 der beobachteten Brunst synchronisiert. Eine statistische Analyse erfolgte mit Hilfe des SAS-Programms Version 8 für Windows (SAS, 2001). Die elementare Statistik und die Frequenztabellen entstanden unter Anwendung der Prozeduren MEANS und FREQ (SAS, 2001). Die Frequenzdaten (entsprechende Variablen: Verhältnis der „Muh“-Laute zu den Gesamtlauten und der „Brüll“-Laute zu den Gesamtlauten) wurden mit Hilfe der Prozedur GENMOD analysiert, auf der Grundlage eines logistischen Modells, das den Zyklustag als Binärdaten enthielt und die wiederholte Messung für jedes Jungrind an den Tagen dieses Zyklus berücksichtigte. Die Analyse der Zähldaten (Anzahl der Gesamtvokalisation, Anzahl der „Muh“- und

„Brüll“-Laute) erfolgte ebenfalls mit der Prozedur GENMOD, allerdings diesmal auf der Basis einer Poisson-Regression in einem logarithmisch-linearen Modell, das den Zyklustag enthielt und die wiederholte Messung an jedem Jungrind berücksichtigte. Die Poisson-Regression ist eine spezielle Form der Regressionsanalyse und wird angewendet für die Analyse von unabhängigen Zähldaten. Die kontinuierlichen Daten (Progesteronkonzentration) wurden mit Hilfe einer 1-Weg ANOVA in der MIXED Prozedur getestet, die den Zyklustag enthielt und die wiederholte Messung an jedem Jungrind berücksichtigte. Die MIXED Prozedur ist eine Varianzanalyse, die aufgrund ihrer gemischten Parameter relativ genau rechnet, auch wenn die verwendeten Daten nicht normal verteilt sind. Außerdem erfolgte die Berechnung der LS-means und ihrer Standardfehler (SE) und der paarweise Test (Frequenz- und Zähldaten: Chi-quadrat Test, kontinuierliche Daten: mehrfacher t-Test).

Der Spearman-Korrelationskoeffizient zwischen dem Verlauf der Progesteronkonzentration und die Anzahl der Vokalisationen wurde mit der Prozedur CORR (SAS, 2001) bestimmt und gegen Null getestet.

4 Ergebnisse

4.1 Auszählung Stallbuch

Jeden Tag wurden die Tiere 2 mal zu festgelegten Zeiten visuell und akustisch über eine halbe Stunde auf Brunstsymptome untersucht. Von 97 beobachteten Tieren wurden alle Brunsten visuell erfasst, eine erhöhte Vokalisation wurde bei 47 Tieren festgestellt. Bei letztgenannten Tieren wurde nicht in jedem Östrus Vokalisation erkannt. Von insgesamt 932 visuell beobachteten Brunsten wurden 102 Brunsten mit

Vokalisation erfasst. Das ergibt rechnerisch einen Anteil von 11 % Östren mit Vokalisation.

Es war kein Unterschied in der Häufigkeit der Vokalisation für Deutsche Holsteins und Fleckvieh zu erkennen.

4.2 Sonagramm LabVIEW®

In der Abbildung 8 sind die Sonagramme von Lauten von zwei Rindern außerhalb der Brunst und während der Brunst gezeigt. Jeweils der erste Laut („M“-Laut = "Muh"-Laut) besitzt eine stark harmonische Struktur, während der zweite Laut („B“-Laut = "Brüll"-Laut) stark geräuschhaft ist. Die Unterschiede kommen im Sonagramm sehr gut zum Ausdruck und eine Analyse der Laute mit LabVIEW® war möglich.

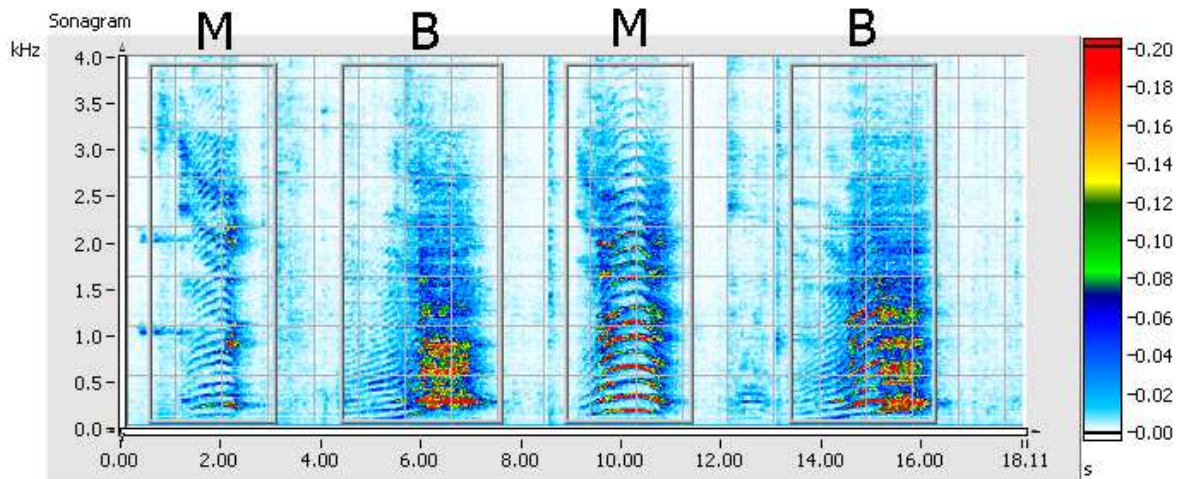


Abbildung 8: Sonagramm-Darstellung von Lauten außerhalb der Brunst („M“) und während der Brunst („B“) von 2 Rindern

Charakteristisch für Laute außerhalb der Brunst war eine harmonische Frequenzstruktur. Man erkennt dies an der sehr regelmäßigen Anordnung der Frequenzbänder im Sonagramm. Diese Laute sind von der Frequenzstruktur dem

deutschen Vokal „U“ sehr ähnlich und werden in dieser Arbeit auch als „Muh“-Laute bezeichnet. Während der Brunst verrauschte diese Struktur. Die Laute nahmen eine geräuschhafte Frequenzstruktur an. Zu hören war dann ein so genannter „Brüll“-Laut.

4.3 Ergebnisse Experiment I

Die Auswertung der Aufnahmen aus dem Experiment I zeigte, dass von allen 8 untersuchten Tieren Laute während der Brunst aufgezeichnet werden konnten. Laute außerhalb der Brunst wurden von 4 Tieren gewonnen. Aus dem Aufnahmемaterial, das über 12 Wochen entstanden ist, konnten insgesamt 17 verwertbare Laute aus der Zyklusmitte extrahiert werden (Tabelle 1). Bei der weiteren Auswertung wurde deutlich, dass es nicht möglich war, die einzelnen Anteile der Laute („Muh“ und „Brüll“) exakt per Hand mit einem Schnittprogramm zu separieren. Der nächste Datenverarbeitungsschritt war die Berechnung jeweils eines LPC-Modells für die erfassten Laute.

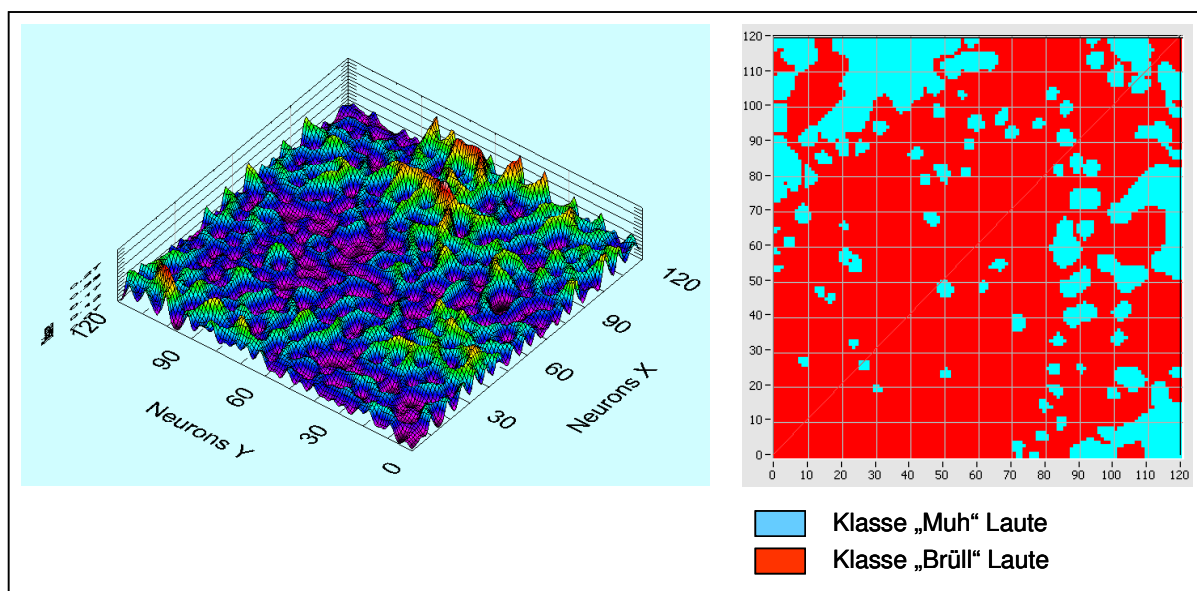


Abbildung 9: Darstellung der mit „Muh“- und „Brüll“-Lauten angelegten Kohonen-Merkmalenskarte, bestehend aus 120 mal 120 Neuronen (links) und der entsprechend gelabelten Struktur nach den Klassen „Muh“ und „Brüll“ (rechts)

Mit diesen Modellen wurde ein Neuronales Netzwerk (Kohonen) angelernt. Die Abbildung 9 zeigt das angelernete Kohonen-Netzwerk. Das linke Bild stellt dabei die Datenstruktur in 3-D Darstellung dar, das rechte Bild zeigt die gelabelten Neuronen. Eine Strukturierung auf der Merkmalskarte ist nicht zu erkennen. Die gelabelte Abbildung zeigt, dass 17 „Muh“-Laute nicht ausreichend waren, und dass zum anderen auch keine exakte Separierung der „Muh“- und „Brüll“-Anteile in den Lauten erfolgte (Inseln der Klasse „Muh“ in der Klasse „Brüll“).

4.4 Ergebnisse Experiment II

4.4.1 Interpretation der aufgezeichneten Laute

In der Abbildung 10 ist die Anzahl der Vokalisationen pro Stunde und das Ergebnis der visuellen Brunstbeobachtung (BB) über den Aufnahmezeitraum für eines der 10 untersuchten Tiere (Ohrmarkennummer DE1301729866) dargestellt. Es ist ein Ansteigen der Gesamtvokalisation um den Zeitpunkt der visuellen Brunstbeobachtung zu erkennen.

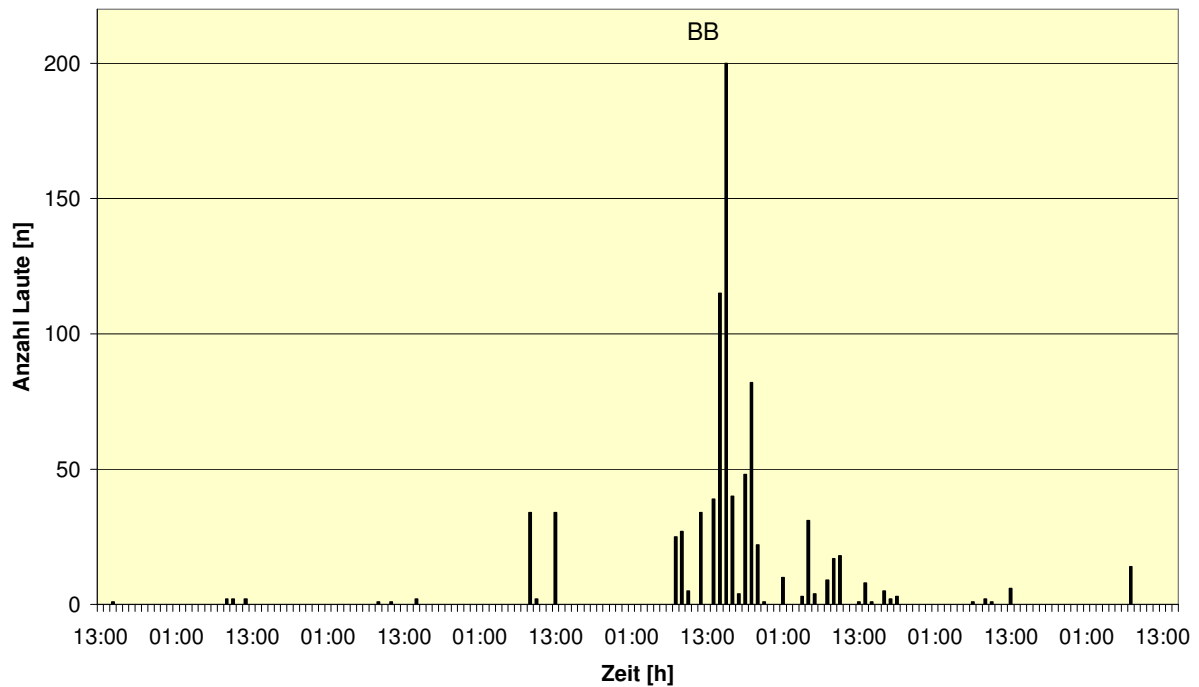


Abbildung 10 Anzahl der Vokalisationen pro Stunde und Ergebnis der visuellen Brunstbeobachtung (BB) über den Aufnahmezeitraum für das Tier mit der Ohrmarkennummer DE1301729866

Die erste Brunstkontrolle durch das Stallpersonal erfolgte zwischen 07:00 und 08:00 Uhr, in dieser Zeit sind 25 Vokalisationen durch das automatische Aufnahmeverfahren aufgezeichnet worden. Die zweite Brunstkontrolle erfolgte zwischen 13:00 und 14:00 Uhr, in dieser Zeit sind 39 Vokalisationen mit derselben Aufnahmetechnik aufgezeichnet worden. Die maximale Vokalisationshäufigkeit lag zwischen 14:00 bis 16:00 Uhr mit 115 Vokalisationen in der ersten Stunde, und 200 Vokalisationen in der zweiten Stunde. Das bedeutet, dass das Tier, bei 200 Vokalisationen in der Stunde, mehr als 3 mal pro Minute vokalisiert hat.

Der Verlauf der Gesamtvokalisation über den Aufnahmezeitraum ist für jedes Tier dem Anhang B zu entnehmen.

Alle Jungrinder vokalisiert während der Untersuchungsperiode. Die Anzahl der Vokalisationen unterschied sich interindividuell signifikant und schwankte zwischen

36 und 835 Vokalisationen während der gesamten Aufnahmezeit. Die mittleren Vokalisationen pro Stunde für alle Jungrinder über den Versuchszeitraum sind in der Abbildung 11 dargestellt: Bei 8 Jungrindern wurde die Brunst 2 Tage, bei einem Jungrind 1 Tag und bei einem weiteren Tier 3 Tage nach Prostaglandin $F_{2\alpha}$ Behandlung beobachtet. Ein Ansteigen der Vokalisationsanzahl zur Zeit der visuell beobachteten Brunst ist für alle Tiere zu erkennen (Abb. 11).

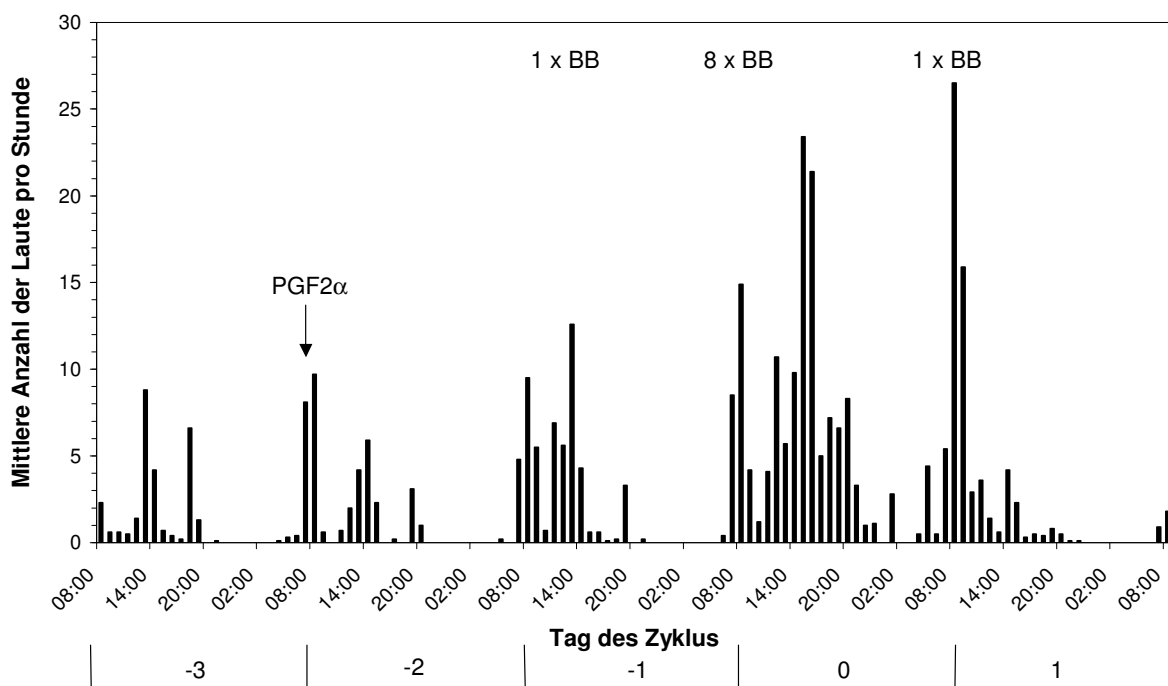


Abbildung 11: Mittlere Anzahl der Vokalisationen/h und visuelle Brunstbeobachtung (BB) während der Aufnahmezeit (alle beobachteten Tiere: $n = 10$)

Um eine Vergleichbarkeit der Tiere zu erreichen und eine Verbindung mit dem Progesteron-Verlauf zu beschreiben, wurden von jedem Versuchstier jeweils die Vokalisationen eines Tages zu einem 24 h-Wert aufsummiert. Da die Blutentnahmen zur Progesteron-Bestimmung um 08:00 Uhr erfolgten, wurden die Vokalisationen für den vorherigen Tag ebenfalls um 08:00 Uhr aufsummiert. Aus der Lautaufzeichnung von dem Tier mit der Ohrmarke DE1301729866 ergibt sich das in Abbildung 12

dargestellte Diagramm. Die Diagramme von den einzelnen Tieren sind dem Anhang C zu entnehmen.

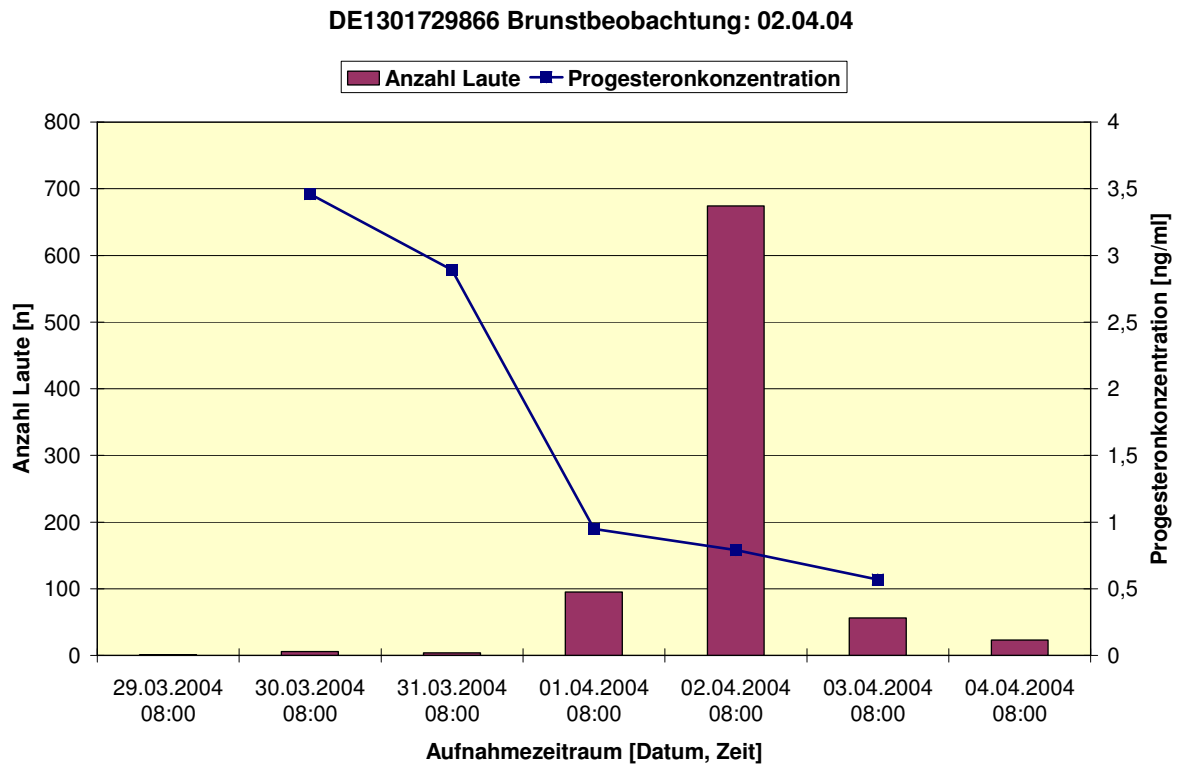


Abbildung 12 Anzahl der Vokalisationen pro Tag und Progesteron-Verlauf über den Aufnahmezeitraum für Tier DE1301729866

Zwei Tage nach der Injektion von Prostaglandin $F_{2\alpha}$ kam es zu einem starken Anstieg der Anzahl der Vokalisationen. Dieser Anstieg stimmte mit dem Tag der visuellen Brunstbeobachtung durch das Stallpersonal überein.

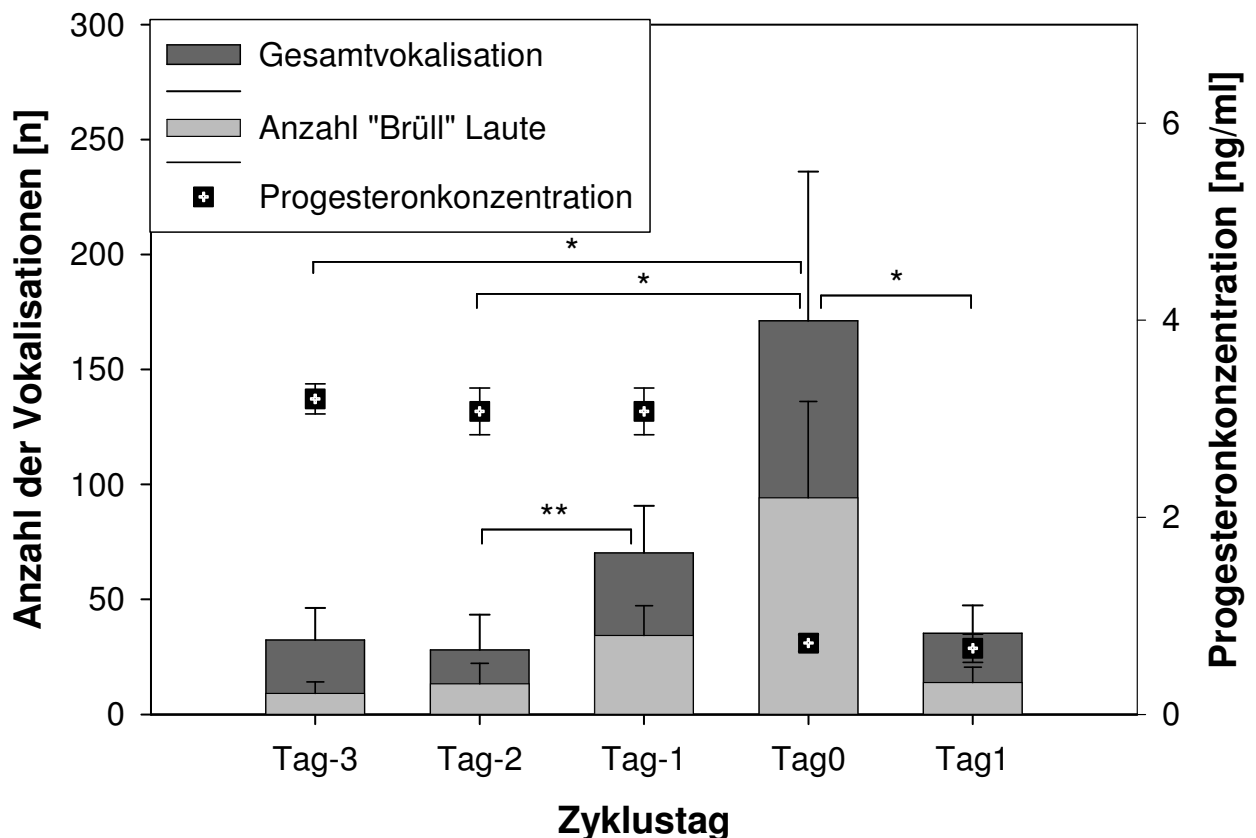


Abbildung 13: Mittlere Anzahl der Gesamtlaute und „Brüll“-Laute pro Tag (Säulen) und Verlauf der Progesteronkonzentration (Quadrate) synchronisiert auf den visuell beobachteten Brunstzeitpunkt (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

Die Abbildung 13 zeigt die tägliche Vokalisationsanzahl und den Verlauf der Progesteronkonzentration im Plasma als Mittelwert für alle Tiere. Die Verläufe wurden anhand des tatsächlich durch das Stallpersonal beobachteten Brunstzeitpunktes synchronisiert. Der Tag 0 ist der Tag, an dem die Brunst visuell beobachtet wurde. Für alle untersuchten Parameter war ein signifikanter Einfluss des Zyklustages ($p < 0.05$) zu verzeichnen. So war eine starke Zunahme der Vokalisationen einen Tag vor Brunsterkennung (Tag -1) zu erkennen. Am Tag 0 kam es noch einmal zu einer Erhöhung der Vokalisationsanzahl von 70 auf 171 Laute. Damit stieg die Vokalisationshäufigkeit der Jungrinder vom Tag -2 zum Tag 0 um 84 %. Vom Tag -1 zum Tag 0 erfolgte ein Anstieg um 59 %. Nach dem Tag 0 sank

die Vokalisationshäufigkeit um 79 %. Die Standardfehler zeigen, dass die Vokalisation der einzelnen Jungrinder interindividuell sehr unterschiedlich war. Obwohl die Tendenz des Anstiegs und Abfalls der Vokalisationen bei allen Tieren zu beobachten war, vokalisiert die Tiere, die absolute Häufigkeit betreffend, interindividuell sehr unterschiedlich.

Der gezeigte Verlauf der gesamten Vokalisationshäufigkeit wurde auch für die „Muh“- und „Brüll“-Laute nachgewiesen, mit dem Unterschied, dass die Anzahl der „Brüll“-Laute vom Tag -2 an stärker anstieg als die Anzahl der „Muh“-Laute. Dieser Effekt wird deutlich, wenn der Anteil der „Brüll“-Laute an der Gesamtvokalisation betrachtet wird. Es wurde ein Anstieg des Anteils der „Brüll“-Laute am Tag -2 und ein Abfall am Tag 1 festgestellt (Abbildung 14).

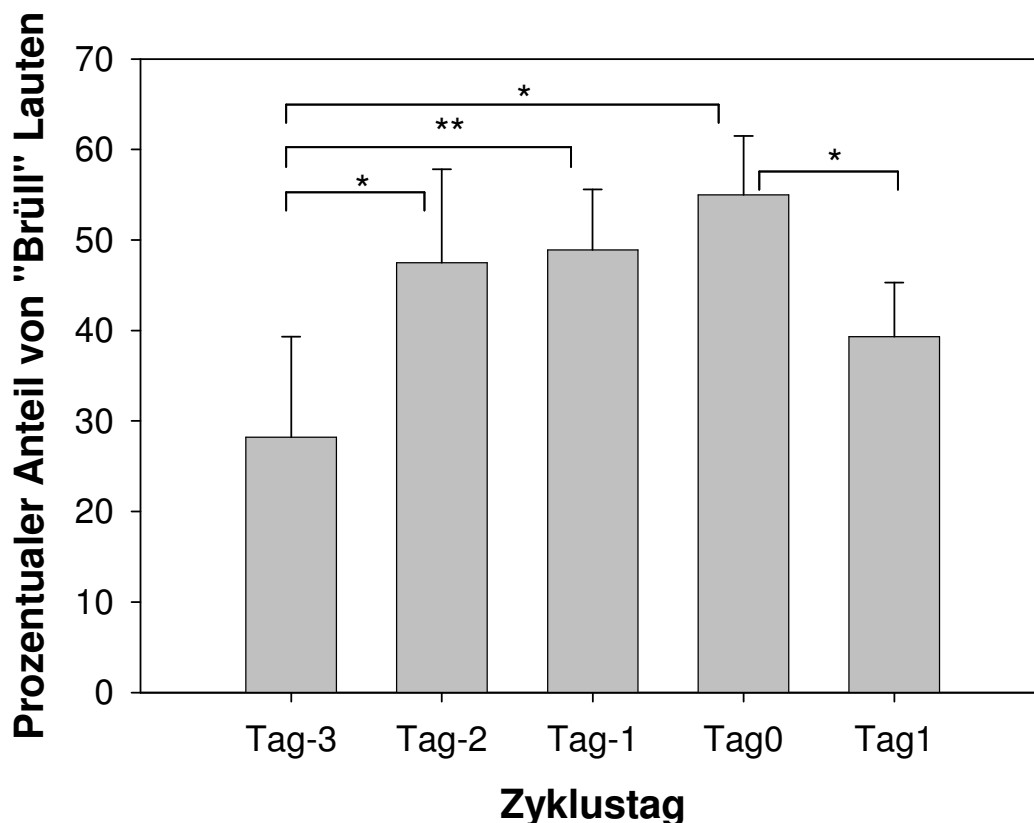


Abbildung 14: Prozentualer Anteil von „Brüll“-Lauten an der Gesamtvokalisation (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

4.4.2 Darstellung der Lautstruktur mittels künstlicher Neuronaler Netze

Die Qualität der Unterscheidung der „Muh“-Anteile und der „Brüll“-Anteile wurde, wie im Experiment I, mit Hilfe des Anlernens von Kohonen-Merkmalskarten getestet. Die Abbildung 15 zeigt für das Tier DE1301729866 in der linken Darstellung die Datenstruktur anhand der Merkmalskarte, und in der rechten Darstellung die entsprechend gelabelten Anteile in dieser Struktur. Hier ist deutlich die Trennung von 2 verschiedenen Datentypen zu erkennen. Die „Muh“-Anteile in den Lauten, also die harmonischen Abschnitte, verfügen über eine gleichmäßige und ähnliche Struktur. Dies kommt in der relativ kompakten Anordnung der Lautanteile in einem begrenzten Gebiet (blau, violetter Bereich) zum Ausdruck. Dieses Gebiet ist in der Merkmalskarte (vergleichbar mit einer topografischen Karte) sehr tief gelegen. Täler und Becken in der Karte bedeuten, dass der Abstand der einzelnen Neuronen zueinander sehr gering ist - die Neuronen ähneln sich also sehr.

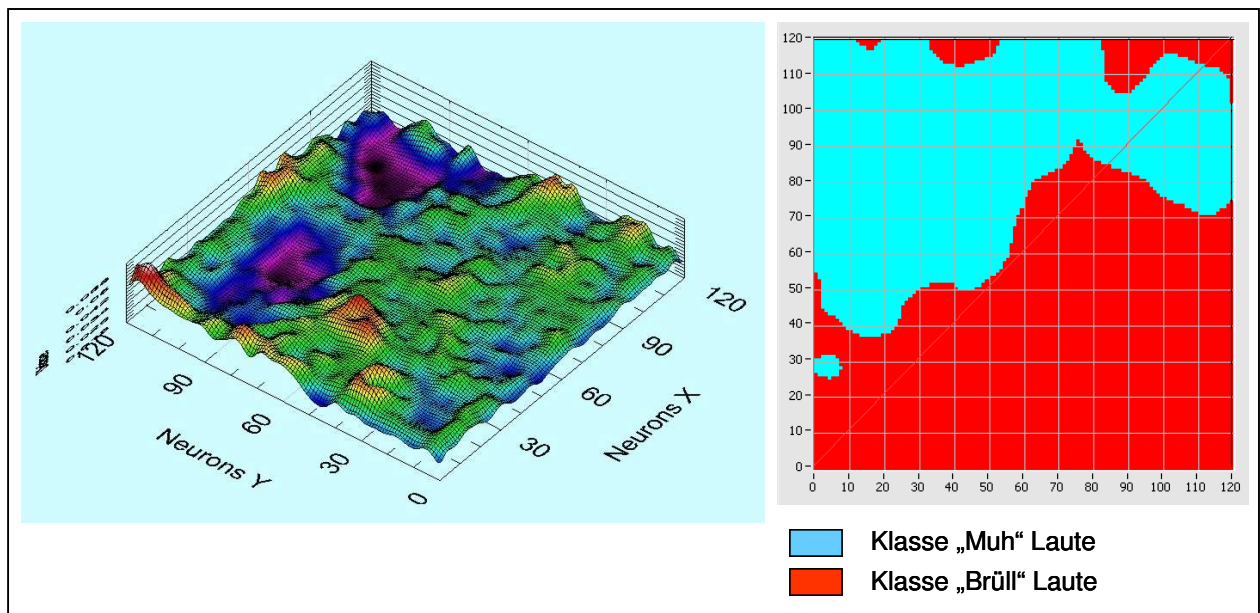


Abbildung 15: Darstellung einer mit „Muh“- und „Brüll“-Lauten angelearnerten Kohonen-Merkmalskarte, bestehend aus 120 mal 120 Neuronen (links) und der entsprechend gelabelten Struktur nach den Klassen „Muh“ und „Brüll“ (rechts)

Der Bereich der „Brüll“-Anteile ist dagegen differenziert. Das bedeutet, dass die „Brüll“-Anteile in ihrer Struktur stark variieren.

Interessant ist weiterhin, dass sich bei den „Muh“-Anteilen anscheinend zwei Unterklassen erkennen lassen (Trennung der beiden „Tiefebenen“ durch eine „Hügelkette“).

Die anhand der Merkmalskarte für das Jungrind mit der Ohrmarkennummer DE1301729866 beschriebenen Effekte finden wir bei allen anderen untersuchten Tieren in ähnlicher Weise wieder. Die Merkmalskarten für alle untersuchten Tiere sind in Anhang D enthalten.

5 Diskussion

5.1 Allgemein

Die Brunsterkennungsrate ist ein wichtiger Stützpfeiler in einem wirtschaftlich arbeitenden Milchbetrieb. Die Brunsterkennungsrate und die Konzeptionsrate beeinflussen maßgeblich die Fruchtbarkeitsleistung einer Herde. Nach Diskin und Sreenan (2000) und Becker et al. (2005) liegen die Brunsterkennungsrate und die Konzeptionsrate durchschnittlich etwa bei 40-60 %. Die Brunsterkennungsrate sollte in milcherzeugenden Betrieben idealerweise 60-80 % betragen (Esslemont, 1992; Ferguson und Galligan, 1993; Zieger, 2004). Studien aus Ländern mit leistungsstarken Milchrindherden belegen jedoch im Regelfall Brunsterkennungsrate von deutlich weniger als 60 % (Esslemont, 1992; Heuwieser und Mansfeld, 1995; Olson, 1993; Diskin, 1996; Drillich, 1999; Mee et al., 2002).

5.2. Konventionelle Brunstbeobachtung

Die konventionelle Brunstbeobachtung beinhaltet eine regelmäßige visuelle Kontrolle der Tiere. Dabei werden die äußeren Anzeichen der Brunst, wie Rötung und Schwellung der Vulva und Schleimabsonderung, beurteilt. Bei der konventionellen Brunstbeobachtung liegt die Brunsterkennungsrate zwischen 30-70 %. Obwohl die konventionelle Brunstbeobachtung eine sehr gute Möglichkeit darstellt, die Brunst sicher festzustellen, ist diese Methode mit Nachteilen behaftet, da sie sehr zeitaufwendig und in hohem Maße abhängig von der Erfahrung des Tierhalters, der Haltungform, der Gesundheit und Größe der Herde sowie technischer Faktoren ist. Ein weiterer Nachteil der konventionellen Brunstbeobachtung ist die mangelnde Objektivierbarkeit.

5.3. Objektive Methoden

Eine weitere Methode der Brunsterkennung ist der Einsatz von Detektortieren. Dabei werden Bullen durch operative Maßnahmen deckunfähig gemacht. Sie zeigen durch vermehrtes Aufreiten brünstige Tiere an. Auch Kühe können nach entsprechender Hormonbehandlung als Detektortiere eingesetzt werden. Für diese Methode ist eine Brunsterkennungsrate von 85-90 % angegeben. Der Nachteil dieser Methode liegt im Handling von in der Herde freilaufenden Bullen und der daraus folgenden Gefährdung des Personals. In Deutschland sind bei Nutzung von Suchbullen entsprechende arbeits- und tierschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen (Becker et al., 2005). Die Hormonbehandlung von Kühen ist in Deutschland aufgrund arzneimittelrechtlicher Verbote nicht zugelassen.

Weitere objektive Methoden, um die Brunst festzustellen, sind diverse Farbmarkierungstechniken. Dabei wird der Duldungsreflex als sicherstes Zeichen der Brunst ausgenutzt.

Die beim Kamar Heat Mount Detector verwendete Farbpatrone ist relativ stabil und wird mittels eines Spezialklebers im Lendenbereich fixiert. Es ist ein mehrmaliges Bespringen nötig, um die Patrone zum Platzen zu bringen. Das System wird dadurch genauer und falsch positive Ergebnisse werden minimiert.

Das Bovine Beacon-System verwendet Patronen, die schon bei leichtem Druck zerplatzen. Da die Farbe fluoresziert, ist der Farbumschlag auch bei schlechten Lichtverhältnissen sichtbar. Der Nachteil dieser Methode ist, dass bei lahmen Tieren, die sich dem Bespringen nicht entziehen können, falsch positive Ergebnisse vorkommen können.

Beim Tail painting-Verfahren und beim Estrus Alert-System wird Farbe oder ein Indikator direkt auf die Kruppe aufgetragen. Der Vorteil dieser Methoden liegt im günstigen Preis und in der Möglichkeit, mit verschiedenen Farben unterschiedliche Herden zu markieren. Allerdings ist die Methode weniger sensitiv, da ein Abrieb der Farben durch Scheuern an Reinigungsbürsten und durch andere Tiere erfolgen kann.

Wenn die genannten objektiven Brunsterkennungsmethoden mit einer sehr gründlichen konventionellen Brunstbeobachtung kombiniert werden, sollte eine Brunsterkennungsrate von nahezu 90 % möglich sein (Diskin und Sreenan, 2000).

Die Farbmarkierungsmethoden sind nur anwendbar in Gruppenhaltung, und die Auswertbarkeit der verschiedenen Farbmarkierungstechniken wird in hohem Maße von der Haltungform beeinflusst. Auf rutschigem Untergrund ist die Standfestigkeit der Tiere eingeschränkt. Wenn sie ein paar Mal beim gegenseitigen Bespringen gestürzt sind, werden die Tiere verunsichert und unterlassen dieses Verhalten. Des Weiteren kleben die Indikatoren auf nassem Fell schlecht und gehen leicht verloren.

Die Störanfälligkeit der Methoden in Verbindung mit den zuvor beschriebenen praktischen Schwierigkeiten limitieren die Anwendungsmöglichkeiten stark.

Das DECTM-System (Detection electronique de chauchement) verwendet statt der Farbpatronen elektronische Drucksensoren, die auf dem Kreuzbein der Kuh befestigt werden und nach Aktivierung blinken. Die Vorteile liegen in der Wiederverwendbarkeit der Drucksensoren. Nach Herstellerangaben kann ein Sensor bis zu 30 Mal verwendet werden. Das komplette DECTM-System befindet sich am Tier und ist dadurch anwenderfreundlich. Von Nachteil ist, dass bei Verlust eines DECTM-Systems höhere Kosten entstehen.

Die Messung von Parametern ist eine Möglichkeit, die Brunst objektiv zu beurteilen. Für die Messung von Progesteronkonzentrationen in der Milch stehen Schnelltests zur Verfügung. Schnelltests liefern nur semiquantitative Ergebnisse, wobei hohe Progesteronkonzentrationen allerdings in der Regel zuverlässig erkannt werden. Die Schwierigkeiten, die sich bei der objektiven Bewertung der unterschiedlichen Progesteronkonzentrationen ergeben, liegen in den verschiedenen Ursachen, die eine niedrige Progesteronkonzentration auslösen kann. Ein Tier, das einen niedrigen Progesteronwert hat, kann sich in der Brunst oder im postpartalen Anöstrus befinden. Es kann aber auch 2-2,5 Tage vor oder sogar nach der Brunst sein, oder es hat folliculäre Zysten auf den Ovarien. Eindeutige Aussagen über den Verlauf des Zyklus sind nur in Kombination mit der klinischen Untersuchung und mit mehreren, an verschiedenen Tagen durchgeführten quantitativen Bestimmungen der Progesteronkonzentration im Serum möglich. Eine Aussage über den optimalen Besamungszeitpunkt kann nicht getroffen werden.

Als weiterer Parameter kann die Messung der Leitfähigkeit des Brunstschleimes verwendet werden. Die vermehrte Durchsaftung und Sekretion des Gewebes bewirkt

einen veränderten elektrischen Widerstand, der von hohem Widerstand in der Lutealphase zu niedrigem Widerstand (30-40 Ohm) in der Follikelphase reicht (Al-Obaidi et al., 1976; Leidl et al., 1976; Foote et al., 1979; Senger, 1994). Allerdings zeigen nicht alle Tiere, die in Brunst sind, niedrige Widerstandswerte. Nach Rorie et al. (2002) sollte deshalb die Widerstandsmessung nicht als alleiniger Parameter zur Erkennung der Brunst genommen werden, sondern immer in Verbindung mit anderen Methoden. Leidl und Stolla (1976) dagegen meinen, dass die Widerstandsmessung sehr effektiv bei der Brunsterkennung sei. Sie erzielten aus 874 Besamungen bei Kühen mit einem elektrischen Widerstandswert von unter 30 Ohm eine Trächtigkeitsrate von 82 %. Foote et al. (1979) verglichen die visuelle Brunstbeobachtung mit der Kontrolle des elektrischen Widerstandes im Vaginalsechleim und besamten anschließend die 144 untersuchten Tiere. Die Trächtigkeitsrate lag bei den Tieren, die nach konventioneller Brunstbeobachtung besamt wurden, bei 49 %, und bei den Tieren, die nach der Widerstandsmessung für brünstig befunden wurden, bei 52 %. Bei stillbrünstigen Tieren, bei denen durch Widerstandsmessungen des Vaginalsechleimes eine Brunst nachgewiesen wurde, stieg die Trächtigkeitsrate um 21 % (Rorie et al., 2002). Die Widerstandsmessung wird entweder mit externer Technik durchgeführt, wobei die Messung mehrmals am Tag wiederholt werden muss, oder es werden chirurgisch Elektroden in die Vagina implantiert. Die notwendigen Geräte sind sehr kostenintensiv, und die Messung muss bereits im Anöstrus begonnen werden, um für das jeweilige Tier individuelle Grundmesswerte zu erhalten und die Unterschiede in der Leitfähigkeit erkennen zu können. Gegen einen routinemäßigen Einsatz, insbesondere in größeren Tiergruppen, sprechen zudem die hohen, in der Praxis vermutlich nicht realisierbaren, hygienischen Anforderungen. Es muss sichergestellt sein, dass ein

Keimeintrag verhindert, bzw. eine Keimübertragung von Tier zu Tier ausgeschlossen wird. Bei Unterlassungen drohen neben der Initiierung entzündlicher Prozesse zudem falsche Ergebnisse. Andererseits ermöglicht die ordnungsgemäße Verwendung von Vaginalsonden auch eine frühere Diagnostik von Genitalkatarrhen bzw. Endometritiden (Becker et al., 2005).

Ein weiteres Problem der Messung von Parametern sind die interindividuellen Unterschiede. Nach Kanitz et al. (2005) ist die Varianz zwischen den Tieren zum Teil größer, als die Varianz zwischen den Ereignissen Östrus und Interöstrus.

Als wichtigster Fortschritt bei der Entwicklung der objektiven Methoden der Brunsterkennung gelten wohl die automatischen Systeme zur Brunsterkennung. Diese Systeme gewährleisten eine permanente Überwachung, und eine automatische und eindeutige Identifizierung brünstiger Tiere. Automatische Systeme erkennen mit hoher Genauigkeit typische Veränderungen, die mit Brunst zusammenhängen.

Ein wichtiges automatisches Verfahren der Brunsterkennung ist die Pedometrie. Farris beobachtete 1954 erstmals Unruhe und einen Anstieg der Bewegungsaktivität bei Kühen, der typisch für die Brunst ist. Erst im Jahr 1977 entwickelte Kiddy (1977) anhand dieser Erkenntnisse ein Aktivitätsmessgerät (Schrittzähler = Pedometer). Bei der Pedometrie wird die Steigerung der Aktivität als Indikator zur Erkennung der Brunst genutzt. In einer Studie ermittelten Wangler et al. (2005) an Tagen des Östrus eine durchschnittliche Aktivitätssteigerung von 188 %, insbesondere zwischen dem Abendgemelk des Vortages und dem Morgengemelk. Die relative Aktivitätssteigerung wurde weder von der Laktationsnummer, noch vom Laktationsstadium oder der Milchleistung beeinflusst. Bei Kühen mit einer Milchleistung von 30 kg und mehr wurde eine Verlagerung der Aktivität in die

Abend- und Nachtstunden beobachtet. Wangler et al. (2005) konnten keinen Einfluss der Anzahl der Brunsten nach der Kalbung auf die Aktivitätssteigerung feststellen.

Die Genauigkeit der Brunsterkennung mittels Pedometrie ist in hohem Maße abhängig von der optimalen Einstellung des Grenzwertes. Die Wahl des Grenzwertes folgt daher immer einem Kompromiss zwischen Trefferrate und Fehlerrate, zwischen der maximalen Anzahl auffindbarer brünstiger Kühe und einem minimalen Anteil falsch positiver Tiere. Der optimale Grenzwert ist abhängig von den betriebsbedingten Haltungs- und Managementbedingungen. Er hat wesentlichen Einfluss auf die Effizienz der Brunsterkennung. Nach Becker et al. (2005) werden durchschnittlich 75 % der brünstigen Tiere erkannt. Unumgänglich ist eine Überprüfung der Analysen durch eine Beurteilung der Brunstsymptome oder eine tierärztliche Untersuchung am Tier. Die Messung der Pedometrie kann durch neue Zusammenstellungen von Tiergruppen, Tierbehandlungen im Stall oder orthopädische Probleme im Stall negativ beeinflusst werden (Becker et al., 2005).

Ein weiteres automatisches Verfahren zur Brunsterkennung ist das Heat Watch-System, dabei handelt es sich um einen Aufsprungdetektor. Dieser Detektor sendet Informationen über die Aufsprungintensität und die Aufsprungdauer an einen Computer. Die Genauigkeit der Brunsterkennungsrate wird mit 95 % angegeben (Bayley et al., 1995). In einer Studie von Xu et al. (1998) wird die Wirksamkeit und Genauigkeit des Heat Watch-Systems bei einer im Herbst kalbenden Herde mit 91,7 % und bei einer im Frühjahr kalbenden Herde mit 99 % beschrieben. Nach Dransfield (1998) werden 98 % aller Östren erfasst. Becker et al. (2005) diskutieren das Heat Watch-System als alleiniges Mittel zur Brunsterkennung jedoch kritisch, da bei Hochleistungskühen der Duldungsreflex womöglich vermindert ausgeprägt ist. Van Vliet und Van Eerdenburg et al. (1996) beobachteten nur bei

37 % der östrischen Tiere einen Duldungsreflex. Weiter diskutieren Becker et al. (2005), dass Kerbrat und Diesenhaus (2004) der Meinung sind, die Erfassung des Duldungsreflexes als alleiniges Kriterium für die Brunsterkennung reiche nicht aus.

5.4 Eigene objektive Methoden, Vokalisation

Es ist in der Rinderhaltung allgemein bekannt, dass Kühe während der Brunst differenziert vokalisieren können, das so genannte „Brüllen“. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Laute weiblicher Säugetiere Informationen über den Reproduktionsstatus enthalten können. So fanden Semple und McComb (2000) in Replay-Experimenten, dass männliche Berberaffen in der Lage sind, über Paarungslaute das Stadium des Sexualzyklus der weiblichen Tiere zu differenzieren. Bei Elefanten wurde eine Erhöhung der Vokalisationshäufigkeit zum Brunsthöhepunkt von Leong et al. (2003) beobachtet. Watts und Stookey (2000) vermuten, dass auch die Vokalisation von Rindern Informationen über deren Alter, Geschlecht, Dominanzstatus und Stadium im Sexualzyklus enthalten.

Zur Vokalisation des Rindes allgemein gibt es nur wenige Arbeiten. Verschiedene Autoren haben versucht, das Auftreten von verschiedenen Formen der Vokalisation beim Rind zu beschreiben und zu klassifizieren (Kiley, 1972; Liebenberg et al., 1977; Hall et al., 1988). Kiley (1972) identifizierte 6 verschiedene Laute, die eher als ein Teil eines Kontinuums vorkamen und weniger diskrete Laute darstellten. Weiterhin wurden auch kommunikative Funktionen der Vokalisation bei Rindern erforscht, z.B. die gegenseitige Erkennung von Müttern und Kälbern (Barfield et al., 1994; Marchant-Forde et al., 2002). Ferner konnten verschiedene Lauttypen und Individuen klassifiziert werden (Laube et al., 1988; Jahns et al., 1997; Ikeda und Ishii, 2001). Watts und Stookey (2000) und Manteuffel et al. (2004) haben vorgeschlagen, das

vokale Verhalten von Rindern als einen potentiell nützlichen Indikator ihres physiologischen und mentalen Zustandes zu nutzen.

Auf der Grundlage von Erfahrungswerten von Bauern und in Anlehnung an bisherige Erkenntnisse über andere Säugetiere ist in der vorliegenden Arbeit versucht worden, über die Vokalisation der Rinder einen neuen Ansatz in der Brunsterkennung zu finden.

Im Vorversuch hat sich gezeigt, dass eine eindeutige Unterscheidung der Laute zu verschiedenen Zykluszeiten möglich ist. Tiere in der Brunst zeigen eine eindeutige Veränderung der Laute, von einer harmonischen Frequenzstruktur außerhalb der Brunst zu einer geräuschhaften Frequenzstruktur während der Brunst.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem Vorversuch wurden im ersten Experiment die zu beobachtenden Tiere mit dem Camcorder aufgenommen. Die Arbeit mit dem Camcorder hatte den Vorteil, dass zu jedem Tier nicht nur Ton-, sondern auch Bildaufnahmen entstanden. Daher war es nicht nötig, die Tiere räumlich zu trennen, um Fremdaufnahmen zu verhindern. Bei der Auswertung wurden Fremdaufnahmen sofort erkannt und herausgeschnitten. Die Tiere wurden sowohl während, als auch außerhalb der Brunst aufgenommen. Gefilmt wurden technikbedingt immer 1,5 Stunden, oder nach erfolgtem Kassettenwechsel 3 Stunden. Die Aufnahmeergebnisse nach dem ersten Versuch zeigten, dass für alle der 8 untersuchten Tiere Laute während der Brunst gewonnen werden konnten. Laute außerhalb der Brunst wurden aber nur von 4 Tieren gewonnen. Obwohl über einen sehr langen Zeitraum aufgenommen wurde (25 Stunden), konnten insgesamt nur 17 brauchbare Laute außerhalb der Brunst extrahiert werden. Im Interöstrus verhielten sich etliche Tiere so still, dass es nicht möglich war, Aufnahmen mit verwertbaren Vokalisationen zu erhalten. Es hat sich herausgestellt, dass die Rinder

interindividuell sehr unterschiedlich vokalisieren. Bedingt durch die Aufnahmetechnik und die gewählten Aufnahmezeiten war es also nicht möglich, von jedem Tier ausreichend verwertbare Aufnahmen von Vokalisationen im Östrus und Interöstrus zu erhalten, um mit den Lauten neuronale Netze für die Unterscheidung von Brunstlauten von anderen Vokalisierungen anzulernen. Des Weiteren war es nicht möglich, die einzelnen Anteile der Laute („Muh“ und „Brüll“) per Hand mit einem Schnittprogramm genau genug zu separieren.

Aus den Ergebnissen des ersten Experimentes wurde die Notwendigkeit deutlich, dass eine veränderte Versuchsanordnung nötig wurde. Durch ein neues Aufnahmeprogramm konnten im zweiten Experiment Laute von 10 Tieren jeweils über einen Zeitraum von 5 Tagen lückenlos aufgenommen werden. Eine eingestellte Aufnahmeschwelle stellte sicher, dass nur Laute ab einer genau definierten Lautstärke aufgenommen wurden.

Durch die permanente Bereitschaft zur Aufnahme war es nun möglich, auch vereinzelte Lautereignisse über einen längeren Zeitraum sicher zu erfassen.

Die Auswertung der gewonnenen Daten ergab einen eindeutigen Anstieg der Anzahl der Vokalisationen zum Zeitpunkt des Östrus. Alle Tiere zeigten die Tendenz des Anstiegs der Vokalisationshäufigkeit während der Brunst und des Abfalls der Vokalisationshäufigkeit nach der Brunst. Allerdings waren die interindividuellen Unterschiede in der Häufigkeit der Vokalisation beachtlich. Das Minimum lag bei 36 Vokalisationen und das Maximum bei 835 Vokalisationen während des gesamten Aufnahmezeitraums.

Die Vermutung, dass sich zum Zeitpunkt der Brunst der ganze Laut von harmonisch zu geräuschhaft verändert, konnte nicht bestätigt werden. Mit Hilfe der lückenlosen Dokumentation aller Laute über einen langen Zeitraum wurde festgestellt, dass der

so genannte Brüll-Laut auch außerhalb der Brunst regelmäßig und anteilmäßig im Laut auftritt. Allerdings erhöhte sich der Anteil der geräuschhaften Lautabschnitte im Laut am Tag der Prostaglandingabe und ging nach der Brunst wieder zurück. Der Anstieg der Gesamtvokalisation war aber erst am Tag der Brunst zu erkennen.

Die interindividuellen Unterschiede in der Vokalisationshäufigkeit erklären die Probleme, die sich in Experiment I ergaben. Bei 36 Lautaufzeichnungen über den gesamten Aufnahmezeitraum von 5 Tagen wird deutlich, dass es mit einfacher Bandaufnahmetechnik unwahrscheinlich ist, einen Laut in der Zyklusmitte zu erfassen.

Für die statistische Auswertung wurde die mittlere Anzahl der Gesamtlaute, also alle Brüll- und Muh-Laute, auf den visuell durch das Stallpersonal bestimmten Brunstzeitpunkt synchronisiert. Dabei wurde ein signifikanter Einfluss ($p < 0.05$) des Zyklustages auf alle untersuchten Parameter errechnet. Einen Tag vor Feststellung der Brunsterkennung war eine starke Zunahme der Vokalisation zu erkennen, am Tag der Brunst war eine erneute Steigerung der Vokalisation zu erkennen (durchschnittlich 171 anstatt 70 Laute) um einen Tag nach der Brunst wieder abzufallen. In Prozenten ausgedrückt stieg die Vokalisation vom Tag vor der Brunst bis zur Brunst um 84 % an, um am Tag nach der Brunst um 70 % wieder zu fallen.

Es ist also nicht die Veränderung der Vokalisation, sondern die Frequenz der Vokalisation als eindeutiges Merkmal der Brunst zu bewerten.

In den hier durchgeführten Versuchen stieg die Vokalisation zum Zeitpunkt der Brunst bei allen Tieren nachweislich an. Diese Ergebnisse stehen in deutlichem Gegensatz zu den Ergebnissen der Auszählung des Stallbuches. Die Auswertung des Stallbuches hat nur bei knapp 11 % der Tiere eine Vokalisation zum Zeitpunkt der Brunst festgestellt, während in dieser Arbeit für alle Tiere eine

Vokalisationszunahme zum Zeitpunkt der Brunst festgestellt wurde. Daraus wird deutlich, dass die Tiere ihre spezifische Brunstvokalisation eher in Zeiten der Ruhe im Stall zeigten. Die routinemäßige Brunstkontrolle durch das Stallpersonal 2 mal täglich ist nicht ausreichend, um die Vokalisation von Rindern während der Brunst zuverlässig zu erfassen.

6 Schlussfolgerungen

- 1.** Die vorliegenden Versuche haben gezeigt, dass die Erfassung der Vokalisation ein geeignetes Kriterium zur Feststellung der Brunst bei Rindern ist. Die Vokalisation verändert sich eindeutig im Verlauf des Zyklus in ihrer Häufigkeit. Die Veränderung der Struktur der Vokalisation von harmonisch zu geräuschhaft war als Merkmal zur Erkennung der Brunst im vorliegenden Versuch nicht geeignet.
- 2.** Für Anbindehaltung ist die Erfassung von Vokalisation geeignet, die Brunst zu bestimmen. Inwieweit sich diese Ergebnisse auf die Gruppenhaltung übertragen lassen, sollte in weiterführenden Untersuchungen erforscht werden. Außerdem ist für die Laufstallhaltung eine veränderte Aufnahmetechnik zu entwickeln, da das Mikrofon am Tier befestigt werden muss.
- 3.** Inwieweit das Alter des Tieres, die Rasse oder die Laktationsleistung Einfluss auf die Vokalisationsausprägung während des Zyklus haben, sollte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden.
- 4.** Die vorgestellten Ergebnisse der Lautanalyse beim Rind bieten, bei Einsatz praxistauglicher Aufnahmetechnik, die Voraussetzungen für ein neues automatisierbares Verfahren zur Brunsterkennung.

7 Zusammenfassung

1. Ziel dieser Arbeit war, das Vokalisationsverhalten von Rindern als Kriterium für Brunst zu untersuchen. Der Ausgangspunkt für diese Arbeit war die Annahme, dass Rinder zum Zeitpunkt der Brunst einen charakteristischen Laut ausstoßen, im landwirtschaftlichen Sprachgebrauch auch „Brüllen“ genannt.

2. Im Vorversuch konnte zunächst eine eindeutige Unterscheidbarkeit der verschiedenen Laute zu unterschiedlichen Zykluszeiten nachgewiesen werden. Es wurden von 2 Rindern (DE0934936730 und DE0934851144) Laute zu verschiedenen Zykluszeiten (Östrus/Mitte Zyklus) aufgenommen und mit einem Sonagramm bildlich dargestellt. Zur Zyklusmitte wurden harmonische Laute, Muh-Laute genannt, und während der Brunst geräuschhafte Laute, Brüll-Laute genannt, erfasst.

3. Aufbauend auf den Ergebnissen vom Vorversuch, wurden im ersten Experiment von 8 Tieren die Vokalisationen zur Zyklusmitte und zum Zeitpunkt der Brunst mit einem Camcorder aufgenommen. Der Östrus wurde durch eine Blutentnahme während der Brunst retrospektiv bestätigt. Die benötigten Lautsequenzen wurden per Hand ausgeschnitten, digitalisiert und mit Computer weiter verarbeitet. Dabei konnte für alle untersuchten Tiere eine Frequenzzunahme der Vokalisation zum Zeitpunkt der Brunst nachgewiesen werden, wobei von den insgesamt erfassten Lauten, aufgenommen über 12 Wochen, lediglich nur von 4 Rindern 17 Laute aus der Zyklusmitte erfasst werden konnten. Es war daher nicht möglich die Brunsterkennung über die Unterscheidung der Lauttypen nachzuweisen, da nicht genügend Laute erfasst werden konnten, um ein Neuronales Netzwerk anzulernen. Das machte eine Veränderung des Versuchsaufbaues nötig.

4. Im zweiten Experiment konnte durch verbesserte Technik und leistungsfähigere Rechner eine Aufnahmetechnik verwendet werden, die eine kontinuierliche

Aufnahme von jedem Tier über mehrere Tage gewährleistet. Die Aufnahmen wurden immer in der Mitte des Zyklus begonnen und die Brunst mit PGF_{2α} ausgelöst. Die Auswertung der gewonnenen Daten hat für die 10 untersuchten Tiere ergeben, dass ein Zusammenhang zwischen der Brunst und der Vokalisationshäufigkeit besteht. Dieses Ergebnis steht in deutlichem Gegensatz zu den Auswertungen des Stallbuches, nach dem nur ungefähr 11% der Tiere als vokalisierend während der Brunst erfasst worden sind.

5. In der vorliegenden Arbeit konnte die Annahme, die Rinder würden zum Zeitpunkt der Brunst vermehrt „brüllen“, nicht bestätigt werden. In der Zusammensetzung der Vokalisationen sind die geräuschhaften und harmonischen Anteile ungefähr gleichmäßig verteilt. Es konnte aber für alle untersuchten Tiere ein signifikanter Anstieg der Gesamtvokalisation zum Zeitpunkt der Brunst nachgewiesen werden.

8 Summary

Heat detection through analysis of altered vocalization during the estrous cycle in dairy cattle

1. The aim of this thesis was finding a new approach to use the changes of vocalisation during a cows cycle to detect the heat of cows based on the assumption that cows vocalise more frequently during heat.

2. Preliminary tests showed a detectable change of vocalisation during a cow's cycle. Vocalisations of 2 heifers (DE0934936730 and DE0934851144) were recorded during different times in their cycle (estrus/middle of cycle) and were depicted in a sonagram. Harmonic vocalisations, called muh-sounds, were gathered during the middle of the cycle whereas noisy vocalisations, called bellow-sounds, were recorded during estrus.

3. The vocalisations of 8 heifers were recorded in the middle of their cycle and at the time of estrus with a camcorder based on the results from the preliminary tests. Estrus was confirmed through blood tests. The needed sequences from the recorded vocalisations were extracted manually, digitalized and further processed with the computer. An increased frequency of vocalisation during heat could be detected for all tested heifers, whereas only 17 vocalisations from 4 heifers out of all gathered vocalisations from a period over 12 weeks could be gathered in the middle of their cycle. Heat detection through differentiation of vocalisation was not possible due to a lack of sound examples that would have been necessary for teaching a neuronal network. It was therefore decided to change the recording and processing technology.

4. During the second experiment continuous recordings of 10 heifers could be obtained through better technical instruments and high performance computers. The recordings were started at day 11 of the cycle, and estrus was induced through PGF_{2α}. The interpretation of the recordings of these 10 heifers showed an interrelation between heat and increased frequency of vocalisation altogether. This result is in marked contrast to the stable's logbook which noted that only 11% of the cows vocalised during heat.

5. In the present thesis the assumption that the cows bellowed more during heat could not be confirmed. The division of noisy and harmonic sounds was about even. But a significant increase of the entire vocalisation during heat could be detected for all examined heifers.

9 Zitierte Literatur

Al-Obaidi, S.; Larson, L.L. (1976)

Electrical resistance of cervico-vaginal mucus as relates to stage of the estrus cycle and peripheral blood serum LH levels in dairy heifers.

J. Dairy Sci., 59 (Suppl)

Barfield, C.H.; Tang-Martinez, Z.; Trainer, J.M. (1994)

Domestic calves (*Bos taurus*) recognize their own mothers by auditory cues.

Ethology 97, 257-264

Bayley, T.; Nebel, R.; Walker, W. (1995)

New technology for managing heat detection.

Society of Theriogenology, Proceedings for annual meetings, San Antonio,

Texas: 20-30

Becker, F.; Kanitz, W.; Heuwieser, W. (2005)

Vor- und Nachteile einzelner Methoden der Brunsterkennung beim Rind.

Züchtungskunde, 77, (2/3) 140-150, Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co.,

Stuttgart

Bogert, B.P.; Healy, M.J.R.; Tukey, J.W. (1963)

Proceedings of the Symposium on Time Series Analysis edited by

M. Rosenblatt

John Wiley & Sons, Inc., New York, 209-243

Cooley, J.W.; Tukey, J.W. (1965)

An algorithm for the machine calculation of complex fourier series.

Math Comp 19: 297-301

- De Kruif, A.; Mansfeld, R.; Hoedemaker, M. (1998)
Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- Diskin, M.G. (1996)
Factors affecting conception rate in cows.
Irish Vet. J. 49, 245-251
- Diskin, M.G.; Sreenan, J.M. (2000)
Expression and detection of oestrus in cattle.
16e Reunion A.E.T.E.- Santander, September 2000
- 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.
J. Dairy Sci. 81, 1874-1882
- Erasmus, W.J.; Rossing, W.; Hogewerf, P.H.; Benders, E. (1992)
Signal processing of activity data for oestrus detection in dairy cattle.
EAAP publication 65, 1992, 360-369
- Esslemont, R.J.; Bryant, M.J. (1976)
Oestrus behaviour in a herd of dairy cows.
Vet. Rec. 99, 472-475
- Esslemont, R.J. (1992)
Measuring dairy herd fertility.
Vet. Rec. 131, 209-212
- Fant, G. (1970)
Acoustic Theory of Speech Production.
2nd printing, Mouton, The Hague, Paris

Farris, E.J. (1954)

Activity of dairy cows during estrus.

J. Amer. Vet. Med. Ass. 125: 117

Ferguson, J.D.; Galligan, D.T. (1993a)

Prostaglandin synchronization programs in dairy herds – part I.

Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 15, 646-655

Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieter, J. (2002)

Automation of oestrus detection in dairy cows: a review.

Livest. Prod. Sci. 75: 219-232

Flower, F.C.; Weary, D.M. (2001)

Effects of early separation on the dairy cow and calf. 1. Separation at 1 day and 2 weeks after birth.

Appl. Anim. Behav. Sci. 70, 275-284

Foote, R.H.; Oltenacu, E.A.; Mellinger, J.; Scott, N.R.; Marshall, R.A. (1979)

Pregnancy rate in dairy cows inseminated on the basis of electronic probe measurements.

J. Dairy Sci. 62: 69-73

Grandin, T. (1998)

The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter.

Appl. Anim. Behav. Sci. 56, 121-128

Grandin, T. (2001)

Cattle vocalizations are associated with handling and equipment problems at beef slaughter plants.

Appl. Anim. Behav. Sci. 71, 191-201

Grunert, E.; Berchtold, M. (1999)

Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind.

Parey Verlag, Stuttgart

Hall, S.J.G.; Vince, M.A.; Shillito-Walser, E.; Garson, P.J. (1988)

Vocalisations of the chillingham cattle.

Behaviour 104, 78-104

Hammerschmidt, K.; Todt, D. (1995)

Individual differences in vocalisations of young barbary macaques (*Macaca sylvanus*): A multi-parametric analysis to identify critical cues in acoustic signalling.

Behaviour 132: 381-399

Harrison, R.O.; Ford, S.P.; Young, J.W.; Conley, A.J.; Freeman, A.E. (1990)

Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows.

J. Dairy Sci. 73, 2749-2758

Heersche, G.; Nebel, R.L. (1994)

Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus.

J. Dairy Sci. 77, 2754-2761

Heuwieser, W.; Mansfeld, R. (1995)

Brunstbeobachtung beim Rind.

Milchpraxis 33, 75-79

Heuwieser, W. (1997)

Strategische Anwendung von Prostaglandin F_{2α} – Grundlagen und Ziele von Prostaglandinprogrammen

Prakt. Tierarzt 78, 141-149

Hopp, S.L.; Owren, M.J.; Evans, C.S. (eds)

Animal acoustic communication: sound analysis and research methods.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Hurnik, J.F.; King, G.J.; Robertson, H.A. (1975)

Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows.

Appl. Anim. Ethol. 2, 55-68

Ikeda, Y.; Ishii, Y. (2001)

Characteristics of cow's voices in time and frequency domains for recognition.

Agric. Biosys. Eng. 2, 15-23

Jahns, G. (2002)

Automatischer Ruferkenner für landwirtschaftliche Nutztiere.

AFN Jahresbericht 2002

Jahns, G.; Kowalczyk, W.; Walter, K. (1997)

An application of sound processing techniques for determining condition of cows.

In: Domański, M., Stasiński, R. (Eds.), Proc. 4th Int. Workshop on Systems, Signals and Image Processing, Poznan, Poland, pp. 105-108

Kanitz, W.; Becker, F. (FBN); Sanftleben, P.; Rudolphi, B.

(IfT der LFA M-V) (2005)

http://lsa-st23.sachsen-anhalt.de/llq/tierhaltung_zucht/milchrinder/tmvh20/idd42d050317.pdf

Kerbrat, S.; Disenhaus, C. (2004)

A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows.

Appl. Anim. Beh. Sci. 87, 223-238

Kiddy, C.A. (1977)

Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows.

J. Dairy Sci. 23: 1271-1277

Kiley, M. (1972)

The vocalizations of ungulates, their causation and function.

Z. Tierpsychol. 31, 171-222

Laube, R.B.; Seveke, L.; Hubrich, J.; Marx, G. (1988)

Rechnergestützte Lautanalyse beim Kalb zum Nachweis lautontogenetischer Entwicklungsvorgänge.

Wiss. Z. KMU Leipzig, Math.-Naturwiss. R 37, 238-244

Leidl, W.; Stolla, R. (1976)

Measurement of electrical resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection.

Theriogenology 6: 237-246

Liebenberg, O.; Polten, S.; Porzig, E. (1977)

Untersuchungen von akustischen Reizen in ihrem stimulierenden Einfluss auf die Lokomotorik von Rindern. 1. Mitt.: Syntax von Kälber- und Bullenlauten.

Arch. Tierz. 20, 357-365

Lopez, H.; Satter, L.D.; Wiltbank, M.C. (2004)

A brief report on the relationship between level of milk production and estrous behaviour of lactating dairy cows.

Appl. Anim. Behav. Sci. 88, 359-363

Marchant-Forde, J.N.; Marchant-Forde, R.M.; Weary, D.M. (2002)

Responses of dairy cows and calves to each other's vocalisation after early separation.

Appl. Anim. Behav. Sci. 78, 19-28

Mee, J.F.; Moyes, T.; Gleeson, D.; O'Brian, B. (2002)

A questionnaire survey of fertility management on dairy farms in the Republic of Ireland.

Irish Vet. J. 55, 3, 122-128

Nebel, R.L.; Jobst, S.M. ; Dransfield, M.B.G.; Pandolfi, S.M.; Bailey, T.C. (1997)

Use of a radio frequency data communication system Heat Watch[®], to describe behavioural estrus in dairy cattle.

J. Dairy Sci. 80, Suppl. 1, 179

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.

J. Dairy Sci. 70, 1471-1476

Noll, A.M. (1964)

Short-time spectrum and „cepstrum“ techniques for vocal-pitch detection.

J. Acoust. Soc. Am. 36: 296-302

O'Shaughnessy, D. (1987)

Speech communication.

Addison-Wesley, Reading, Mass.

Owren, M.J.; Linker, C. (1995)

Some analysis methods that may be useful to acoustic primatologists.

In: Zimmermann, E., Newman, J.D. und Jürgens, U. (eds) Current topics in primate vocal communication.

Plenum Press, New York, pp. 1-27

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. und Evans, C.S. (eds) Animal acoustic communication: sound analysis and research methods.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 129-162

Pennington, J.A.; Albright, J.L.; Callahan, C.J. (1992)

Relationships of sexual activities in estrous to different frequencies of observation and pedometer measurements.

J. Dairy Sci. 69: 2925-2934

Pryce, J.E.; Veerkamp, R.F.; Thompson, R.; Hill, W.G.; Simm, G. (1997)

Genetic aspects of common health disorders and measure of fertility in Holstein Frisian cattle.

Anim. Sci. 65, 353-360

Rabiner, L.R.; Gold, B. (1975)

Theory and application of digital signal processing.

Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey

Rajamahendran, R. (2001)

8. International Congress in Animal Reproduction, Bernburg, Germany,
persönl. Mitteilung

Riede, T.; Herzel, H.; Hammerschmidt, K.; Brunberg, L.; Tembrock, G. (2001)

The harmonic-to-noise ratio applied to dog barks.

J. Acoust. Soc. Am. 110, 2191-2197

Rorie, R.W.; Bilby, T.R.; Lester, T.D. (2002)

Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle.

Theriogenology 57: 137-148

Roth, H.; Schüsen, D.; Schön, H. (1987)

In: Computer-aided oestrus detection in dairy cattle.

Am. Soc. Agric. Eng. 87: 1-11

Rubin, P.; Vatikotis-Bateson, E. (1998)

Measuring and modelling speech production.

In: Hopp, S.L.; Owren, M.J.; Evans, C.S. (eds) Animal acoustic communication: sound analysis and research methods.

Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, pp. 251-290

Rushen, J.; Boissy, A.; Terlouw, E.M.C.; De Passillé, A.M.B. (1999)

Opioid peptides and behavioural and physiological responses of dairy cows to social isolation in unfamiliar surroundings.

J. Anim. Sci. 77, 2918-2924

Sangsrivong, S.; Cambs, D.K.; Sartori, R.; Armentano, L.; Wiltbank, M.C. (2002)

High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol in dairy cows.

J. Dairy Sci. 85, 2813-2842

SAS (2001)

Statistical Analysis System, SAS/STAT user guide, version 8.

SAS Institute Incorporation, Cary, NC

Schneider, F.; Bellmann, A.; Becker, F.; Bambang Poernomo, S.; Rehfeldt, C.;

Nürnberg, G.; Kanitz, W. (2002)

Gonadotropin release in periovulatory heifers after GnRH analogs measured by two types of immunoassays.

Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes 110 (2002) 235-244

Schön, P.C.; Puppe, B.; Manteuffel, G. (1999)

Common features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs (*sus scrofa*): A multi-parametric analysis.

Behaviour 136: 49-66

Schön, P.C.; Puppe, B.; Manteuffel, G. (2001)

Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*).

J. Acoust. Soc. Am. 110, 145-31744

Schofield, S.A.; Phillips, C.J.C.; Owens, A.R. (1991)

Variation in milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the estrus period of dairy cows.

Anim. Reprod. Sci. 24: 231-248

Schrader, L.; Hammerschmidt, K. (1997)

Computer-aided analysis of acoustic parameters in animal vocalisation: A multi-parametric approach.

Bioacoustics 7: 247-265

Schünsen, D.; Roth, H.; Schön, H.; Paul, W.; Speckmann, H. (1987)

Automatic health and estrus control in dairy husbandry through computer aided systems.

J. Agric. Eng. Res. 38: 263-279

Schukat-Talmazzini, E.G. (1995)

Automatische Spracherkennung. Grundlagen, statistische Modelle und effiziente Algorithmen.

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden

Senger, P.L. (1994)

The estrus detection problem: new conception, technology and possibilities.

J. Dairy Sci. 77: 2745-2753

Steiglitz, K. (1974)

An introduction to discrete Systems.

Wiley and Sons, New York

Stevenson, J.S. (2001)

A review of oestrus behaviour and detection in dairy cows.

Discin, M.G. (Ed.) Proc. BSAS Occasional Meeting: Fertility in High producing dairy cows

Stoddard, P.K. (1990)

Audio computers – theory of operation and guidelines for selection of systems and components.

Bioacoustics 2: 217-239

Tembrock, G. (2005)

Tierstimmenforschung

Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben

Thomas, T.J.; Weary, D.M.; Appleby, M.C. (2001)

Newborn and 5-week-old calves vocalize in response to milk deprivation.

Appl. Anim. Behav. Sci. 74, 165-173

Tokuda, I.; Riede, T.; Neubauer, J.; Owren, M.J.; Herzel, H. (2002)

Nonlinear analysis of irregular animal vocalizations.

J. Acoust. Soc. Am. 111, 2908-2919

Varner, M. (2002)

Fruchtbarkeitsprobleme ohne Hormone lösen. Co., Stuttgart

Top Agrar 12, 10-14

Walker, W.L.; Nebel, R.L.; McGilliard, M.L. (1996)

Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle.

J. Dairy Sci. 79, 1555-1561

Wangler, A.; Meyer, A.; Rehbock, F.; Sanftleben, P. (2005)

Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der

Brunsterkennung bei Milchrindern?

Züchtungskunde, 77 (2/3) 110-127, Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co.,

Stuttgart

Watts, J.M.; Stookey, J.M. (1999)

Effects of restraint and branding on rates and acoustic parameters of

vocalization in beef cattle.

Appl. Anim. Sci. 62, 125-135

Watts, J.M.; Stookey, J.M. (2000)

Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes

and welfare.

Appl. Anim. Behav. Sci. 67, 15-33

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.

Appl. Anim. Behav. Sci. 70, 255-273

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.

Appl. Anim. Behav. Sci. 69, 177-188

Wendl, G.; Klindworth, K. (1997)

Einsatz von elektronischen Schrittzählern (Pedometer) zur Brunsterkennung bei Milchkühen.

3. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, Kiel, 11./12. März 1997

Wiltbank, M. (1998a)

Improving reproductive efficiency in high producing dairy cattle.

Proc. 20th World Buiatrics Congress, Sydney, Australia, 6.-10. July 1998, 571-583

Wiltbank, M.; Lopez, H.; Sartori, R.; Sangsritavong, S.; Gümen, A. (2006)

Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism.

Therogenology 65, 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.

J. Dairy Sci. 81: 2890-2896

Anhang A: Auswertung des Stallbuches

Tier	Geburtsdatum	Rasse	Einstelldatum	Schlachtung	Anzahl Östren gesamt	Östren mit Vokalisation
5754	25.08.1999	DH	17.10.2000	13.11.2001	13	3
5781	07.09.1999	DH	17.10.2000	28.05.2001	8	0
5750	23.08.1999	DH	17.10.2000,	10.09.2001	18	2
5792	16.09.1999	DH	17.10.2000	02.07.2001	13	2
5791	15.09.1999	DH	17.10.2000	05.10.2001	16	0
5802	23.09.1999	DH	17.10.2000	25.09.2001	15	1
5761	29.08.1999	DH	17.10.2000	10.09.2001	19	1
54620	14.10.1999	DH	17.10.2000	15.11.2001	14	1
5801	22.09.1999	DH	17.10.2000	06.09.2001	15	3
5747	? 08.1999	DH	17.10.2000	02.04.2001	8	1
5759	28.08.1999	DH	17.10.2000	18.05.2001	10	3
5748	23.08.1999	DH	17.10.2000	11.12.2000	1	0
5809	29.09.1999	DH	17.10.2000	15.11.2001	12	1
54607	28.09.1999	DH	17.10.2000	23.07.2001	13	3
5785	09.09.1999	DH	17.10.2000	06.09.2001	7	2
74809	31.08.1999	DH	17.10.2000	22.10.2001	18	6
54615	07.10.1999	DH	17.10.2000	16.07.2001	15	1
5755	25.08.1999	DH	17.10.2000	15.06.2001	11	3
54623	15.10.1999	DH	17.10.2000	09.07.2001	13	2
5758	27.08.1999	DH	17.10.2000	22.10.2001	15	1
11618	27.05.1999	DH	17.10.2000	06.07.2001	7	0
12822	02.04.1999	DH	17.10.2000	09.04.2001	7	0
5620	29.05.1999	DH	17.10.2000	21.05.2001	7	3
12821	30.03.1999	DH	17.10.2000	26.03.2001	5	0
12830	21.04.1999	DH	17.10.2000	02.05.2001	7	2
					287	41

Tier	Geburtsdatum	Rasse	Einstelldatum	Schlachtung	Anzahl Östren gesamt	Östren mit Vokalisation
40468	29.08.1999	DH	15.02.2001	14.09.2001	7	0
40606	11.07.1999	DH	15.02.2001	12.10.2001	7	0
15540	04.10.1999	DH	15.02.2001	15.06.2001	3	0
15516	23.07.1999	DH	15.02.2001	28.06.2001	6	0
40650	10.11.1999	DH	15.02.2001	03.09.2001	6	0
40648	03.11.1999	DH	15.02.2001	08.10.2001	10	0
40703	05.11.1999	DH	15.02.2001	11.06.2001	4	1
15522	11.08.1999	DH	15.02.2001	19.11.2001	4	0
40706	07.11.1999	DH	15.02.2001	14.09.2001	6	0
40727	05.12.1999	DH	15.02.2001	21.05.2001	2	0
15575	26.11.1999	DH	15.02.2001	26.11.2001	11	1
40653	13.11.1999	DH	15.02.2001	16.07.2001	6	0
40705	06.11.1999	DH	15.02.2001	10.12.2001	6	1
15574	26.11.1999	DH	15.02.2001	10.12.2001	8	0
40701	03.11.1999	DH	15.02.2001	08.10.2001	8	3
15577	28.11.1999	DH	15.02.2001	02.07.2001	4	0
43301	03.05.2000	DH	15.02.2001	25.02.2002	7	2
43288	05.04.2000	DH	15.02.2001		9	0
43294	11.04.2000	DH	15.02.2001	05.03.2002	12	0
43296	17.04.2000	DH	15.02.2001	12.02.2002	6	0
					132	8

Tier	Geburtsdatum	Rasse	Herkunft	Einstelldatum	Schlachtung	Anzahl Zyklen gesamt	Vokalisierte Zyklen
9273	28.11.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	17.12.2001	4	0
9304	18.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	12.12.2001	6	0
9308	21.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	07.11.2001	3	0
9312	26.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	03.12.2001	4	0
9276	03.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	01.03.2002	10	1
9293	14.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	29.10.201	4	0
41257	19.05.2000	Schwarzbunte	Kletzin	31.07.2001	11.01.2002	6	0
9287	11.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	37 193	5	1
9309	24.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001		7	0
9294	14.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	09.10.2001	3	0
41212	21.02.2000	Schwarzbunte	Kletzin	31.07.2001	20.11.2001	1	0
41329	24.02.2000		Kletzin	31.07.2001	14.01.2002	7	1
9539	30.12.1999	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001	09.10.2001	2	0
41209	14.02.2000	Schwarzbunte	Pensin	31.07.2001		8	2
9321	01.01.2000	Schwarzbunte	Petschow	31.07.2001		7	2
9533	26.12.1999	Rotbunte	Petschow	31.07.2001	14.01.2002	2	0
41218	11.03.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	11.01.2002	5	0
54689	10.07.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001		9	0
41244	23.04.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	21.01.2002	5	0
41241	18.04.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001		5	0
41254	05.05.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	04.02.2002	5	0
41215	02.03.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	04.02.2002	6	1
41259	27.05.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	01.03.2001	9	0
41229	30.03.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001		3	0
41261	28.05.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	21.01.2002	4	0
41267	04.06.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	21.01.2002	5	2
41214	01.03.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	25.02.2002	7	0
41235	08.04.2000	Schwarzbunte	Pensin	05.09.2001	18.12.2001	3	0
28_21						145	10

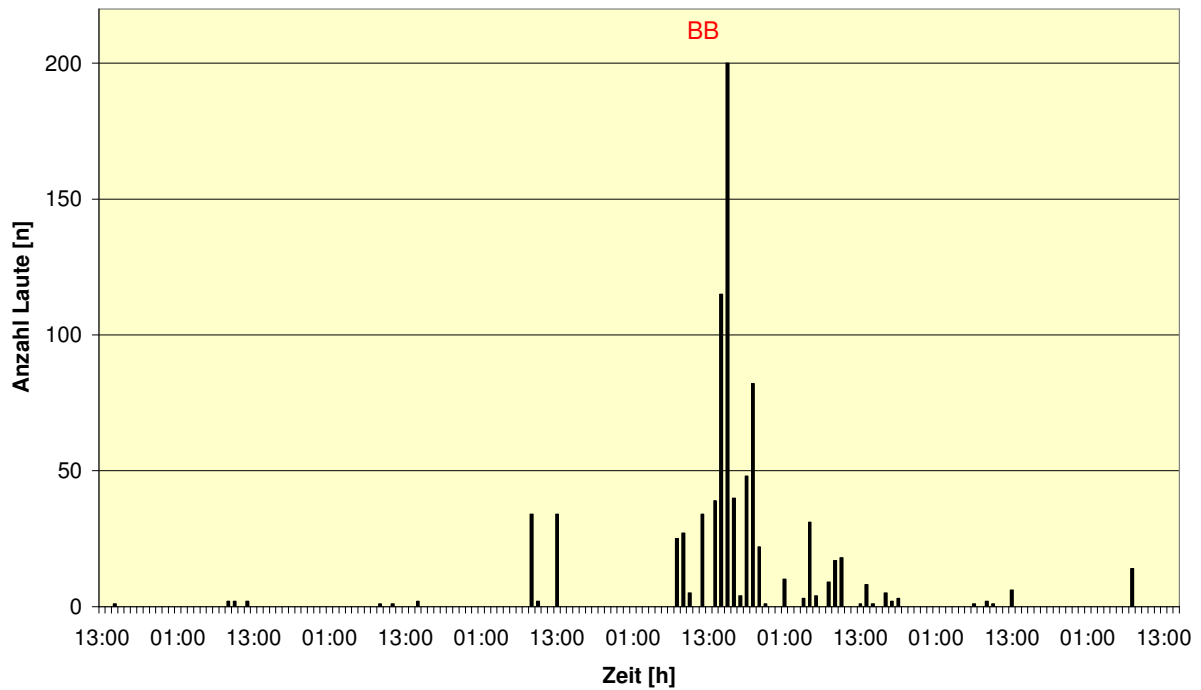
Tier	Geburtsdatum	Rasse	Herkunft	Einstelldatum	Schlachtung	Anzahl Zyklen gesamt	Vokalisierte Zyklen
92005	28.07.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	02.12.2002	8	3
20600	10.09.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	18.09.2002	11	0
92015	09.09.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	17.10.2002	12	0
20601	10.09.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	17.07.2002	7	1
16341	07.07.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	04.12.2002	7	4
7388	13.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	17.07.2002	7	0
74167	07.09.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	02.10.2002	6	0
36738	05.10.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	11.07.2002	8	1
51145	04.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	02.09.2002	9	0
57030	27.06.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	14.06.2002	8	0
21040	03.06.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	29.11.2002	11	0
20977	09.06.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	13.05.2002	7	5
36730	30.06.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	09.09.2002	6	0
17334	18.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	10.07.2002	6	0
51144	02.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	07.10.2002	12	2
63651	01.09.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	14.06.2002	7	0
36839	08.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	07.05.2002	6	1
16963	05.06.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	17.10.2002	12	2
16971	23.07.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	28.10.2002	13	7
17336	25.08.2000	Fleckvieh	Bayern	06.12.2001	13.05.2002	6	0
20_11						169	26

Tier	Geburtsdatum	Rasse	Herkunft	Einstelldatum	Schlachtung	Anzahl Zyklen gesamt	Vokalisierte Zyklen
58291	19.11.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	03.12.2003	13	0
58289	15.11.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	28.08.2002	11	1
43382	12.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	08.07.2003	17	0
54682	15.12.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	20.03.2003	7	0
19311	22.12.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	12.03.2003	8	1
85073	05.02.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	24.03.2003	11	0
69349	28.22.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	29.04.2003	7	0
36751	28.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	27.01.2003	11	1
50335	27.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	28.08.2003	10	0
75216	02.12.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	12.12.2002	9	4
69346	09.11.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	12.12.2002	5	0
50339	04.03.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	20.05.2003	14	8
75220	24.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	27.01.2003	5	0
36750	20.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	20.01.2003	6	1
47322	13.01.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	20.01.2003	11	0
58677	10.11.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	28.04.2003	9	1
43750	20.03.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	14.07.2003	9	0
43749	20.03.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	28.08.2003	10	0
43730	19.12.2000	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	26.11.2003	11	0
31998	19.02.2001	Fleckvieh	RZV M-Franken	30.05.2002	14.04.2003	15	0
20_13						199	17

Anhang B: Verlauf der Gesamtvokalisation und Brunstbeobachtung (BB) für die 10 untersuchten Tiere (Stundenwerte)

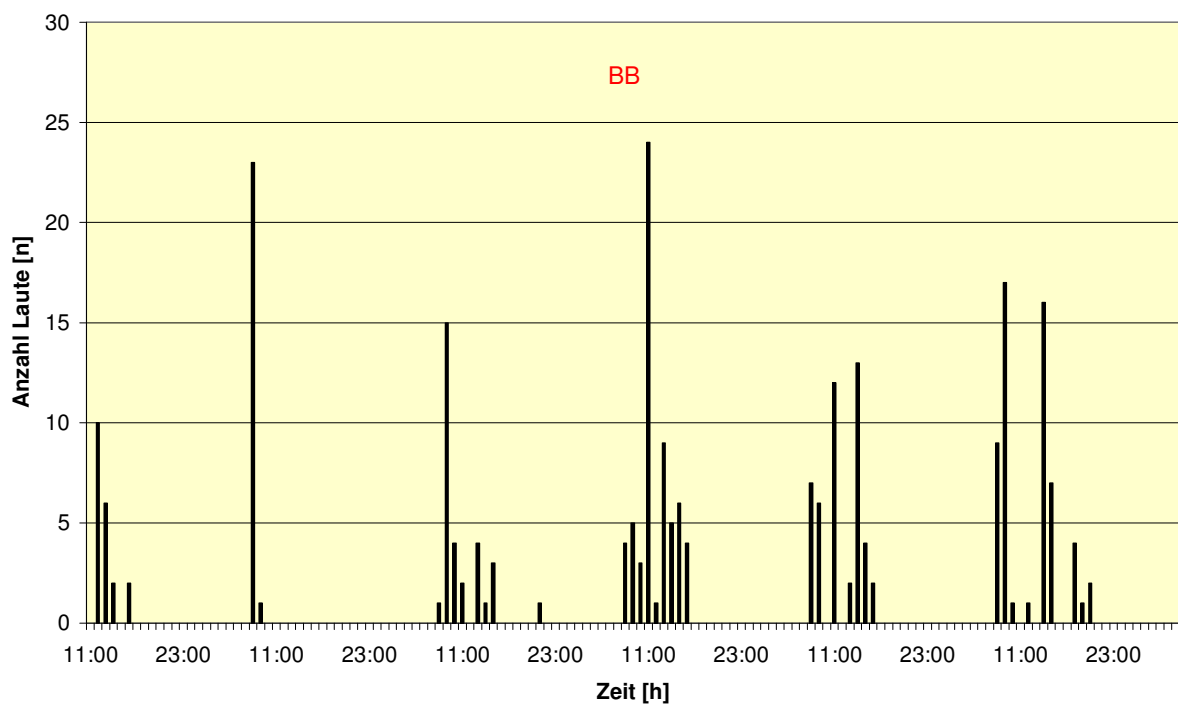
DE1301729866

DE1301729866 (29.03.04 13:15 - 05.04.04 15:00) BB 02.04.04



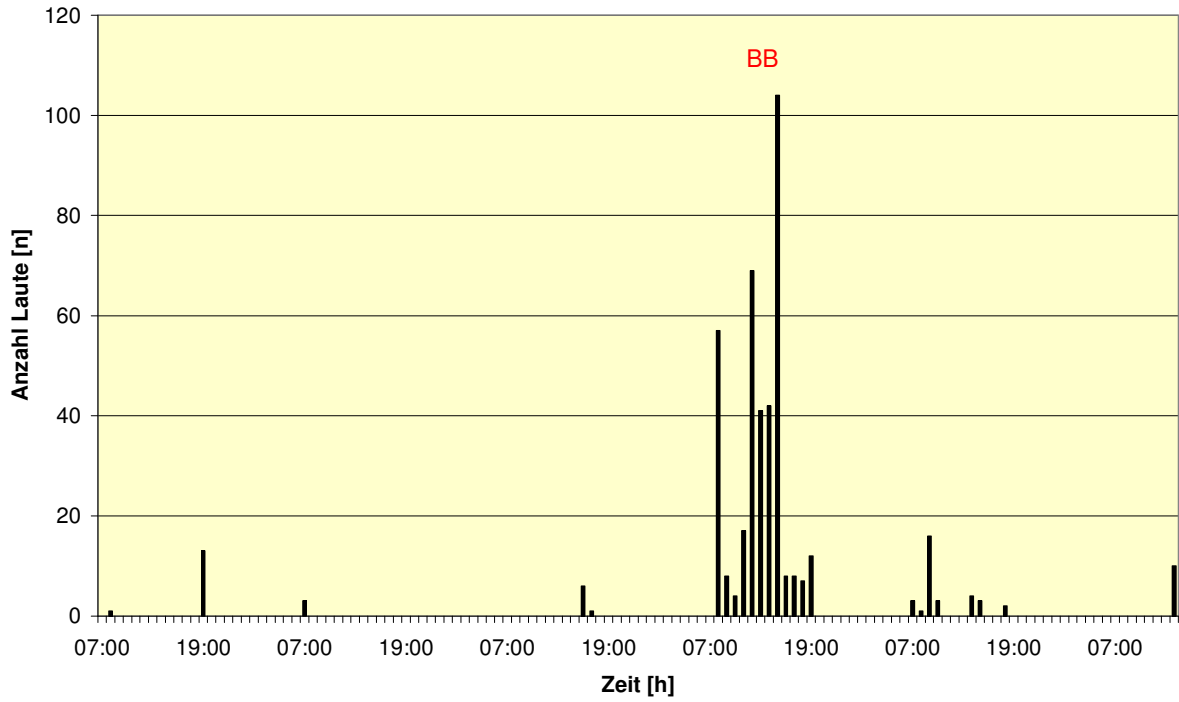
DE1301729852

DE1301729852 (13.04.04 10:55 - 19.04.04 07:00) BB 15./16.04.04



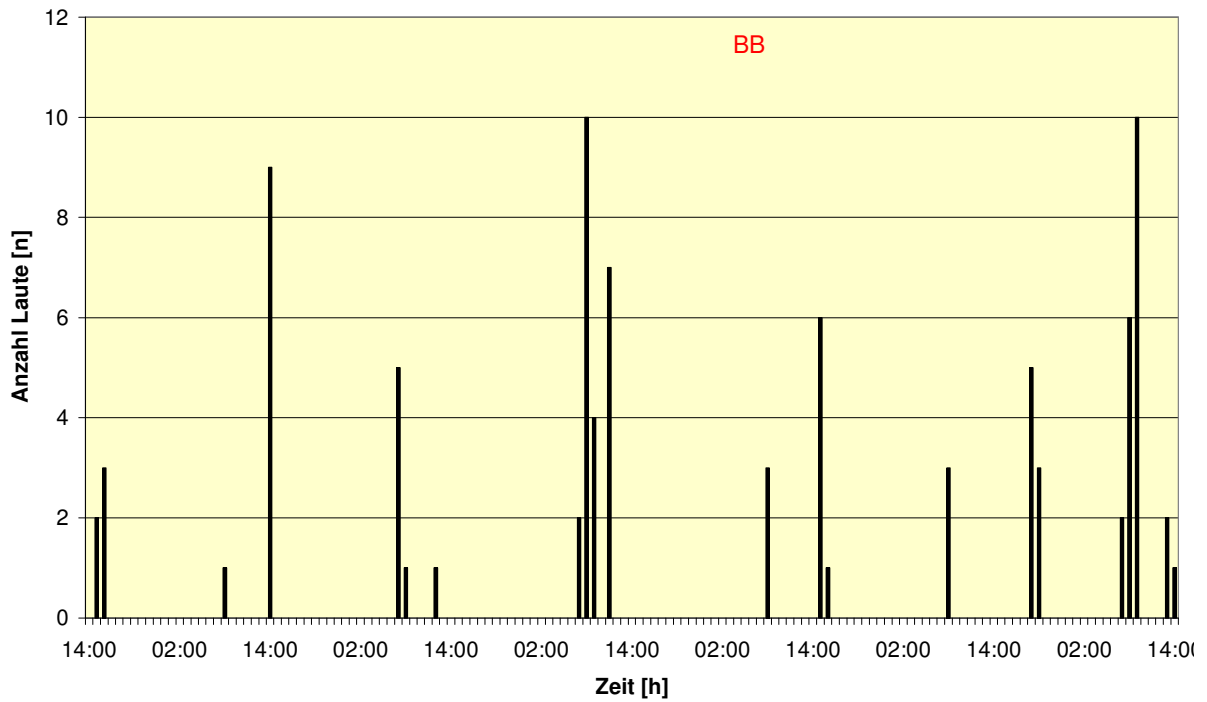
DE1301729876

DE1301729876 (19.04.04 07:30 - 24.04.04 14:15) BB 22.04.04



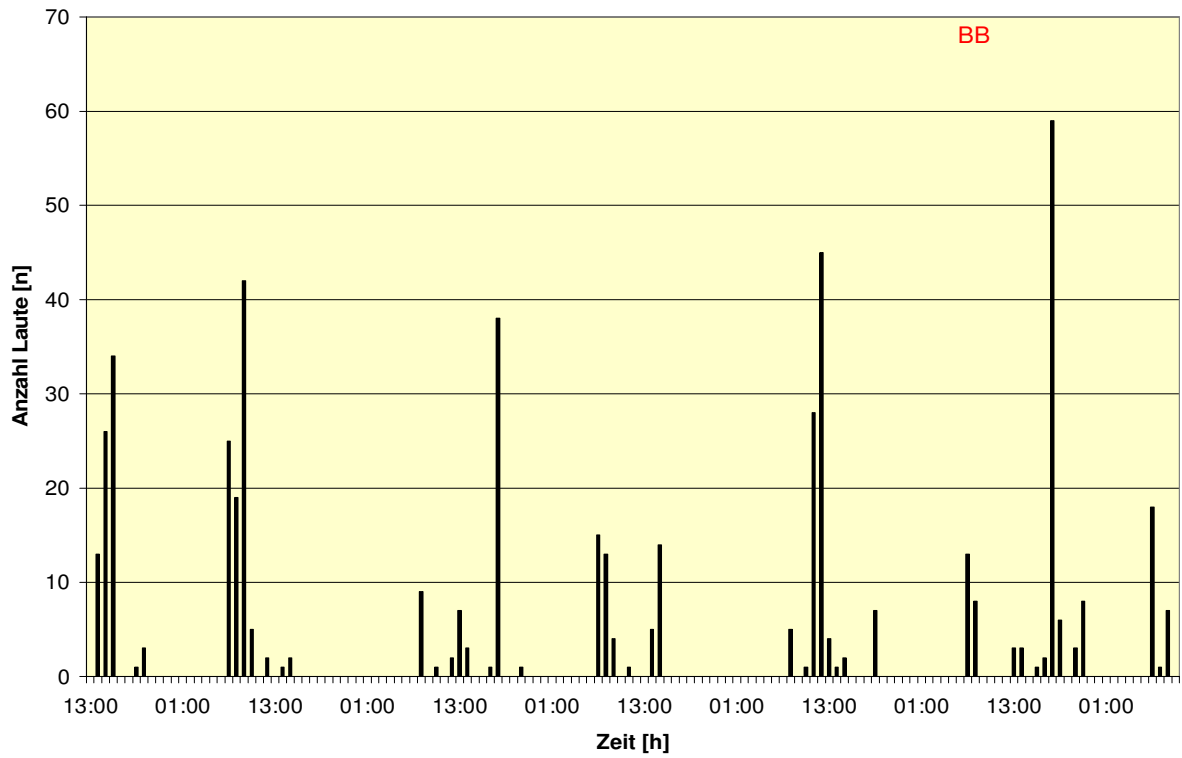
DE1301928559

DE1301928559 (24.04.04 14:15 - 30.04.04 13:30) BB 28.04.04



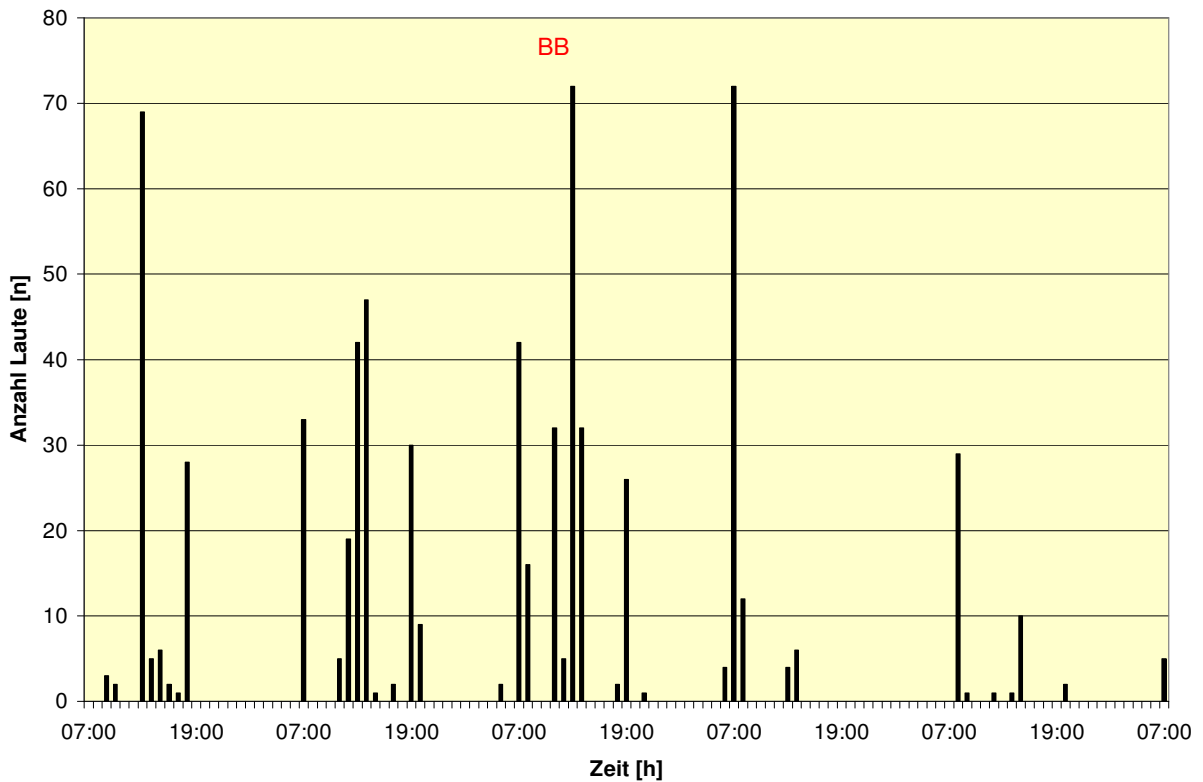
DE1301585731

DE1301585731 (30.04.04 13:30 - 06.05.04 09:45) BB 05.05.04



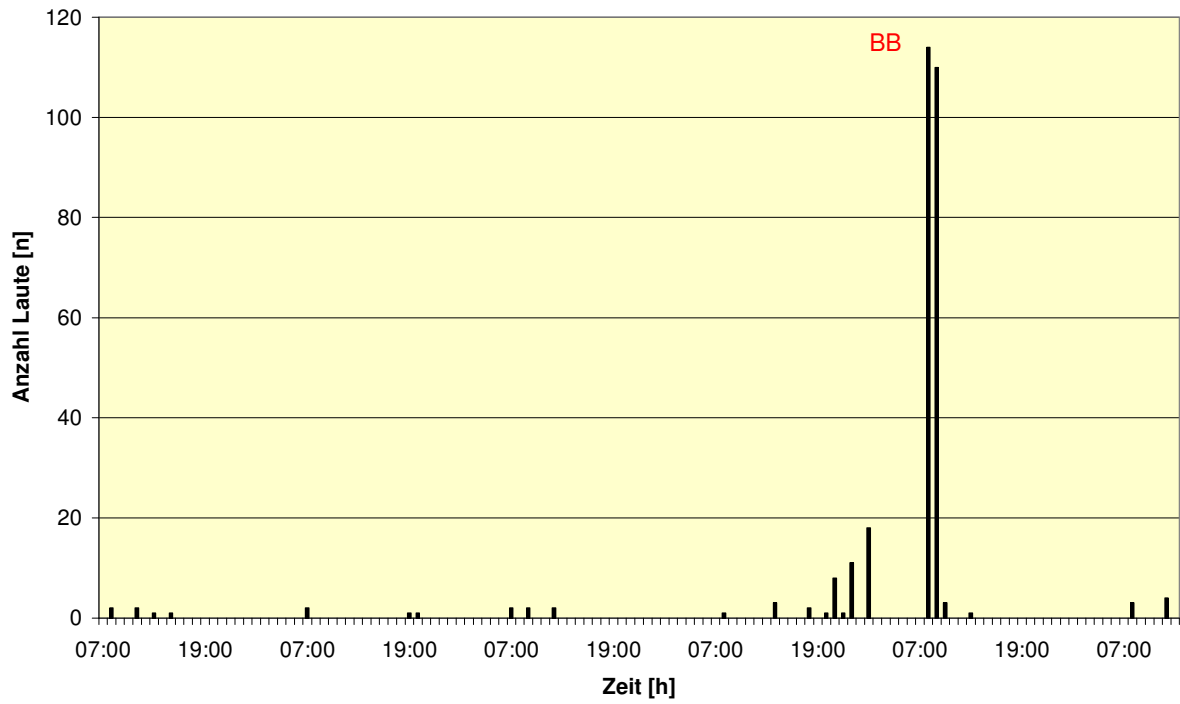
DE1301928557

DE1301928557 (07.05.04 07:30 - 12.05.04 07:30) BB 09.05.04



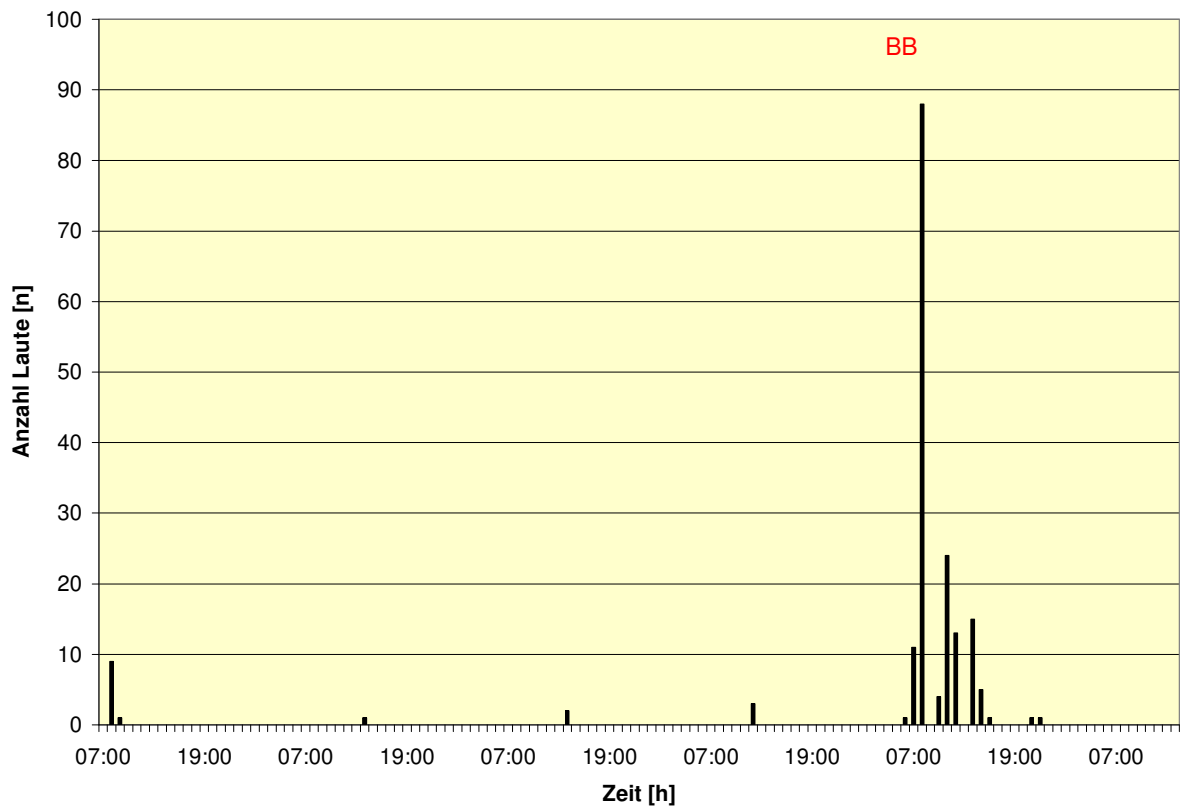
DE1301729861

DE1301729861 (12.05.04 07:30 - 17.05.04 13:00) BB 16.05.04



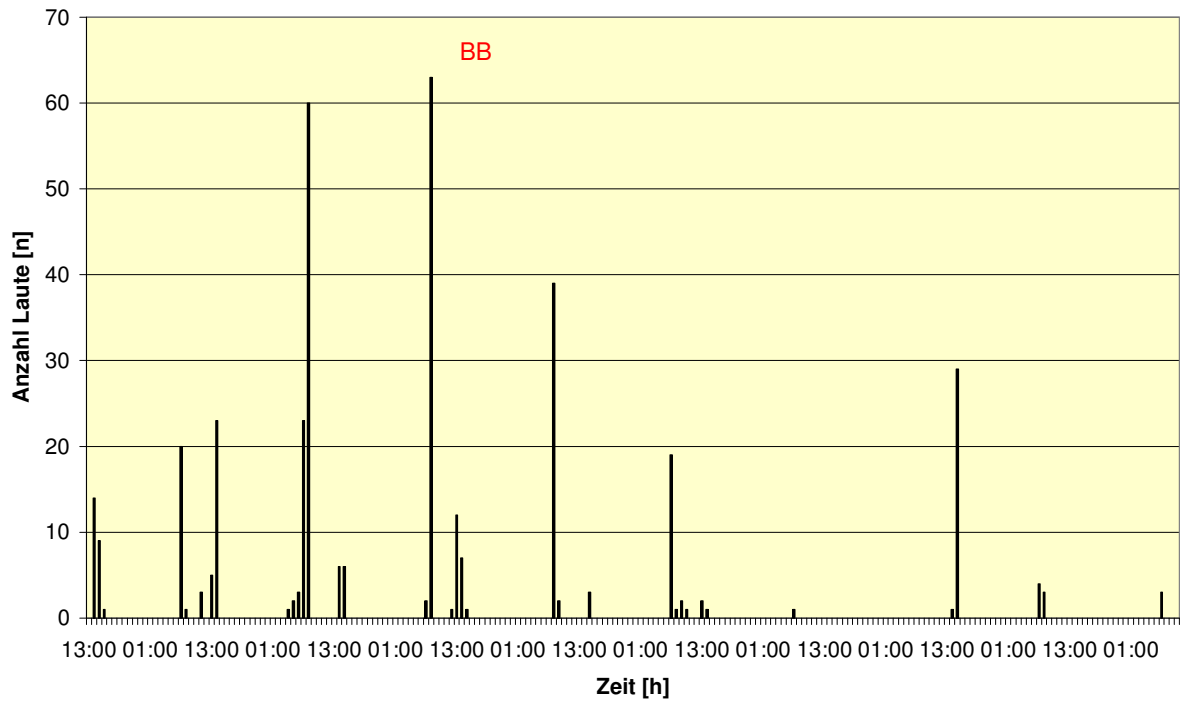
DE1301729884

DE1301729884 (24.05.04 07:30 - 29.05.04 13:30) BB 28.05.04



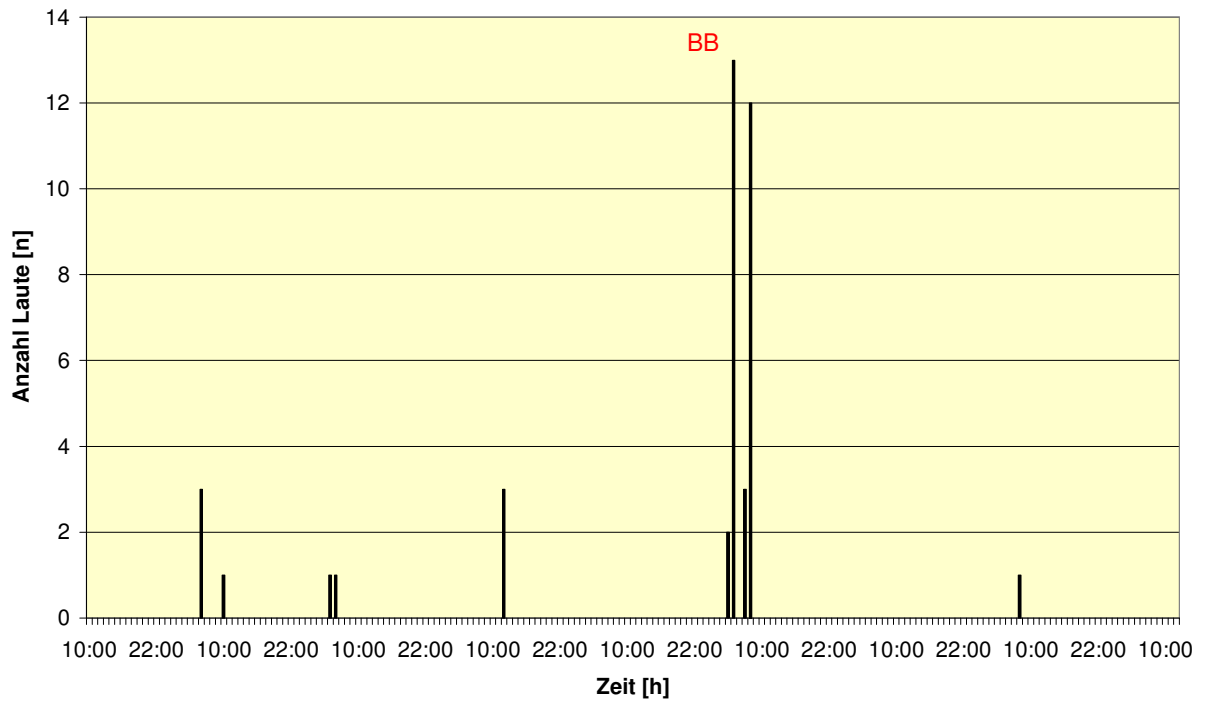
DE1301928556

DE1301928556 (29.05.04 13:20 - 07.06.04 10:00) BB 01.06.04



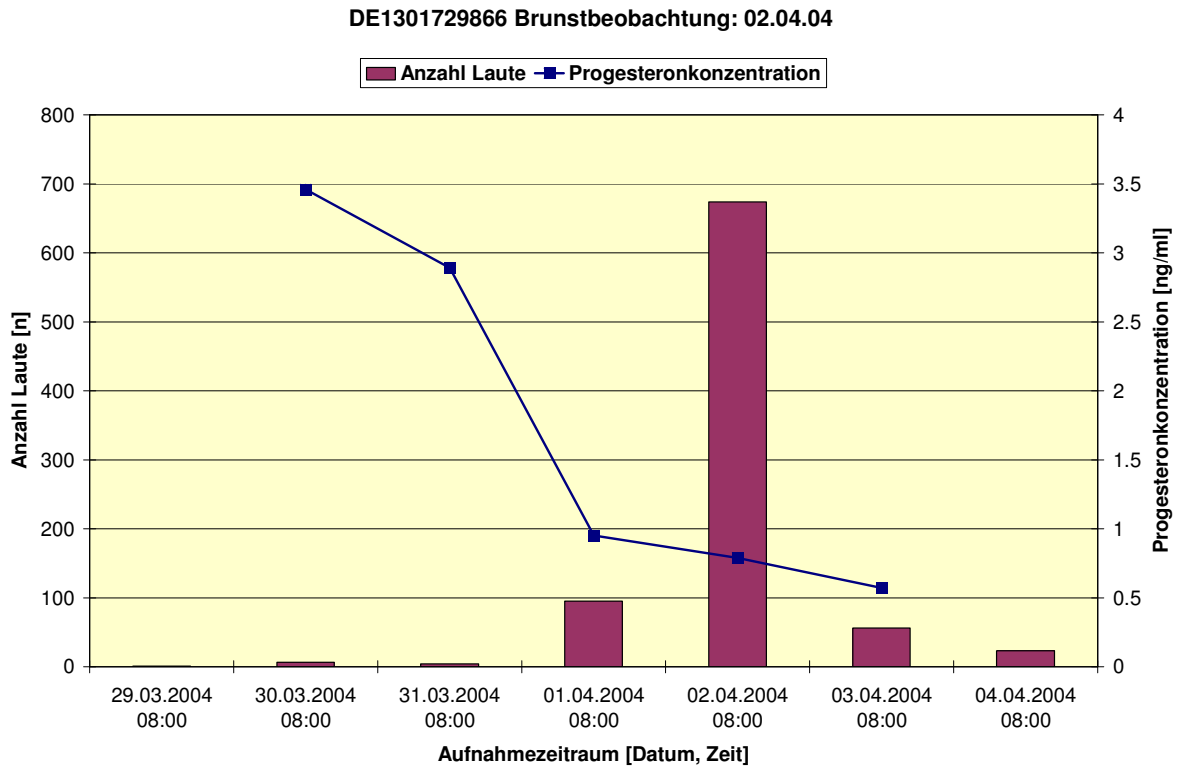
DE1301928555

DE1301928555 (05.07.04 10:00 - 13.07.04 12:00) BB 10.07.04

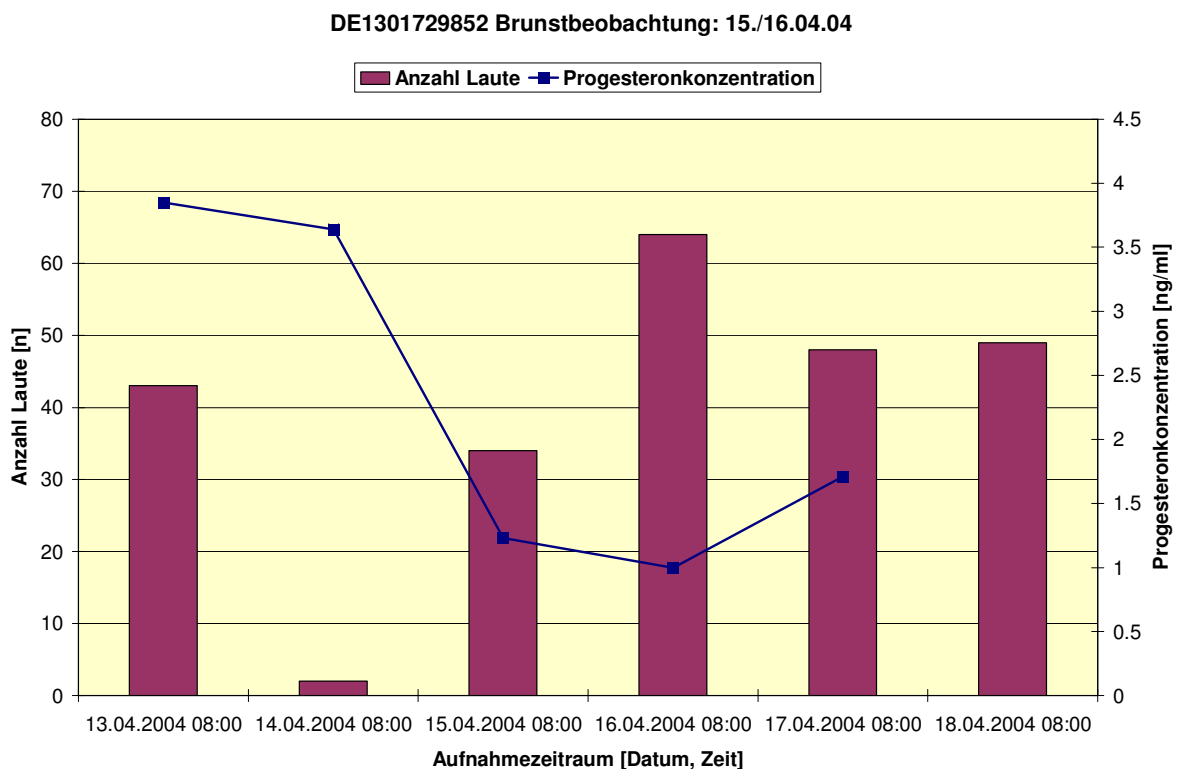


Anhang C: Verlauf der Gesamtvokalisation und Progesteron- Verlauf für die 10 untersuchten Tiere (Tageswerte)

DE1301729866

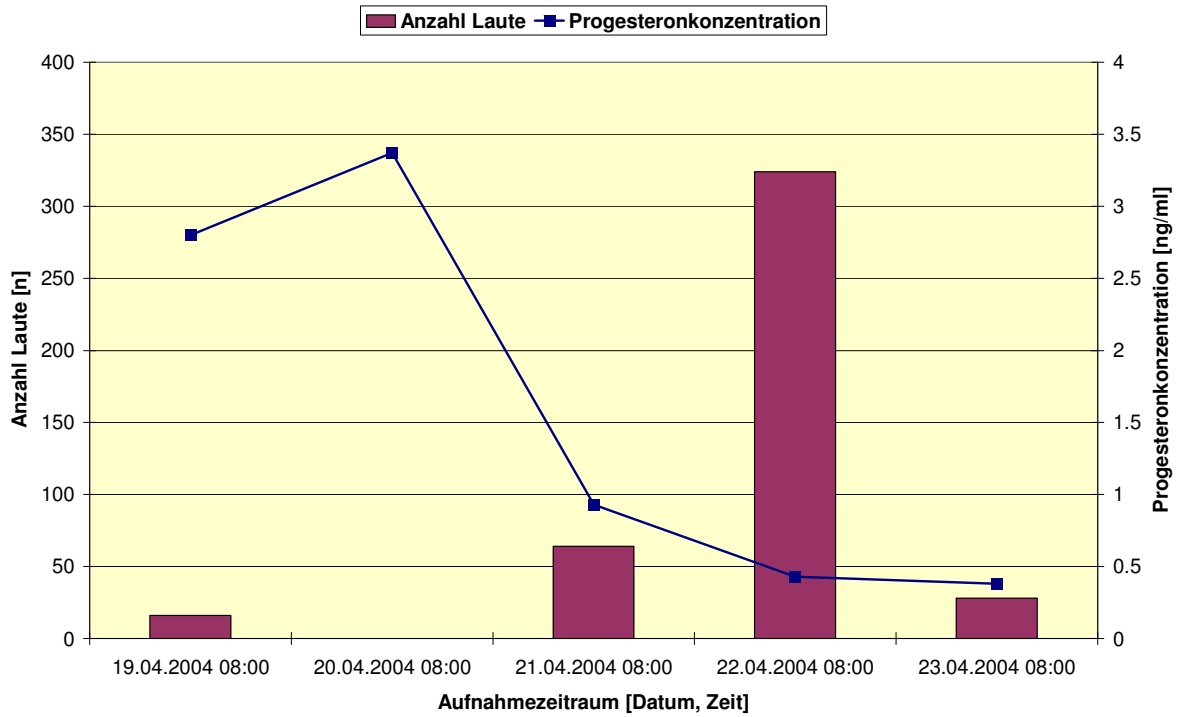


DE1301729852



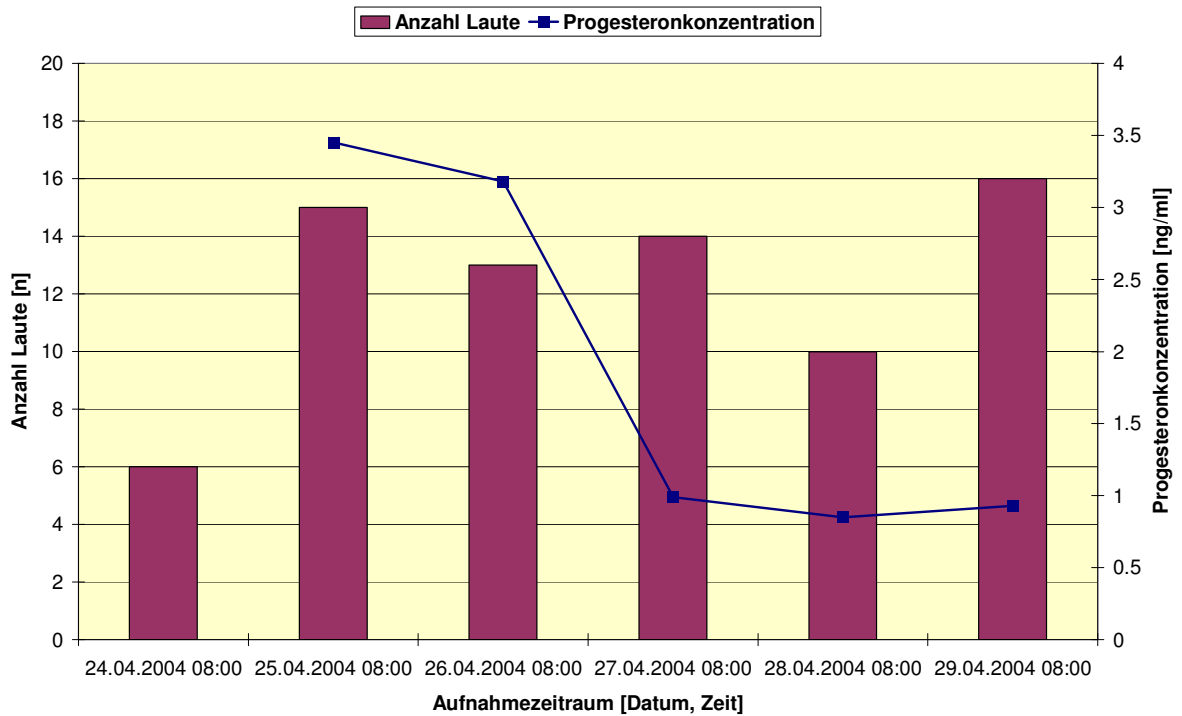
DE1301729876

DE1301729876 Brunstbeobachtung: 22.04.04



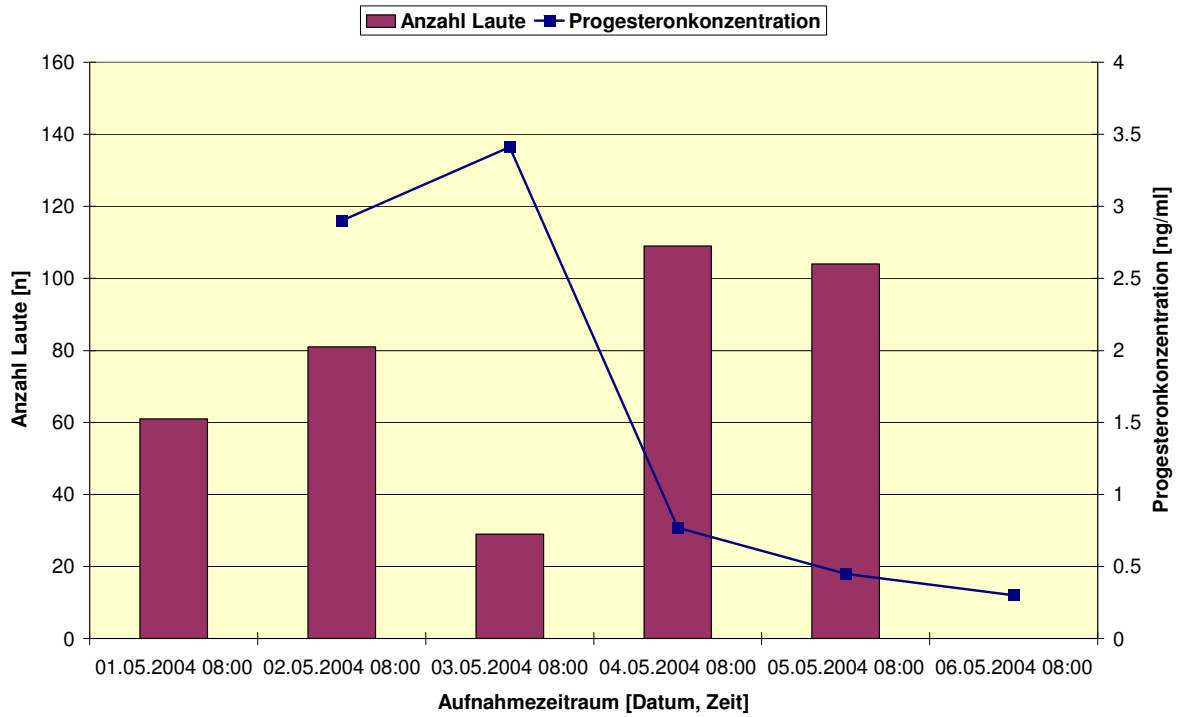
DE1301928559

DE1301928559 Brunstbeobachtung: 28.04.04



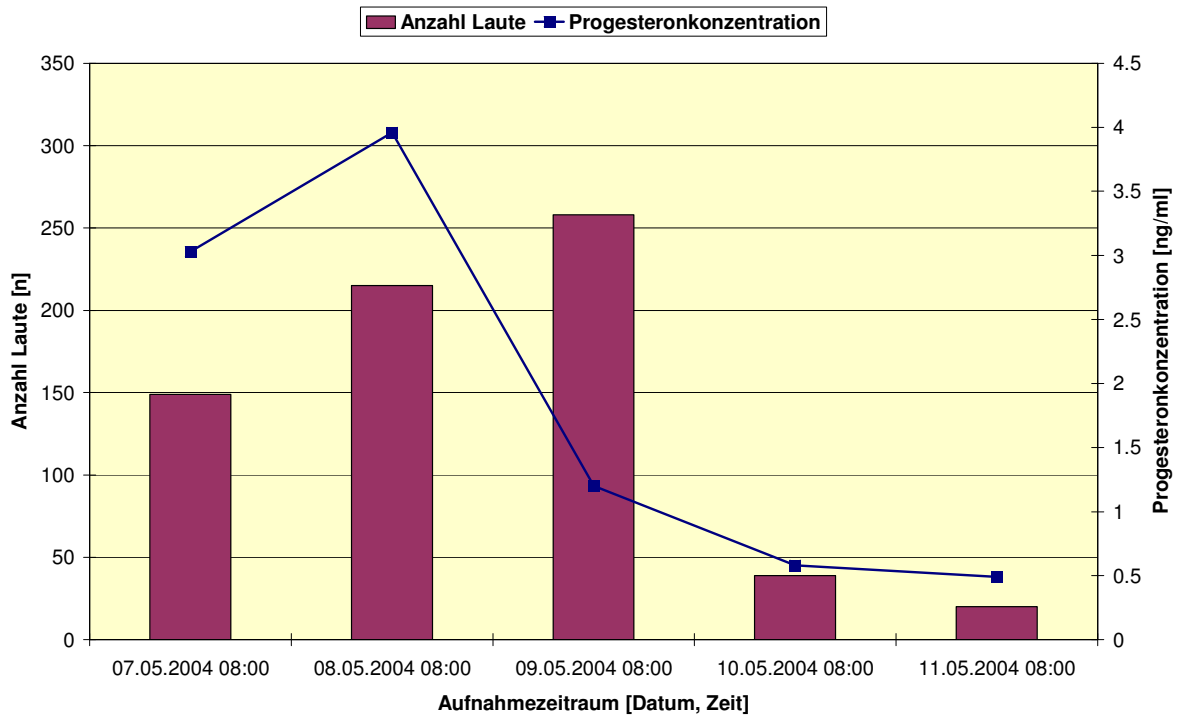
DE1301585731

DE1301585731 Brunstbeobachtung: 05.05.04



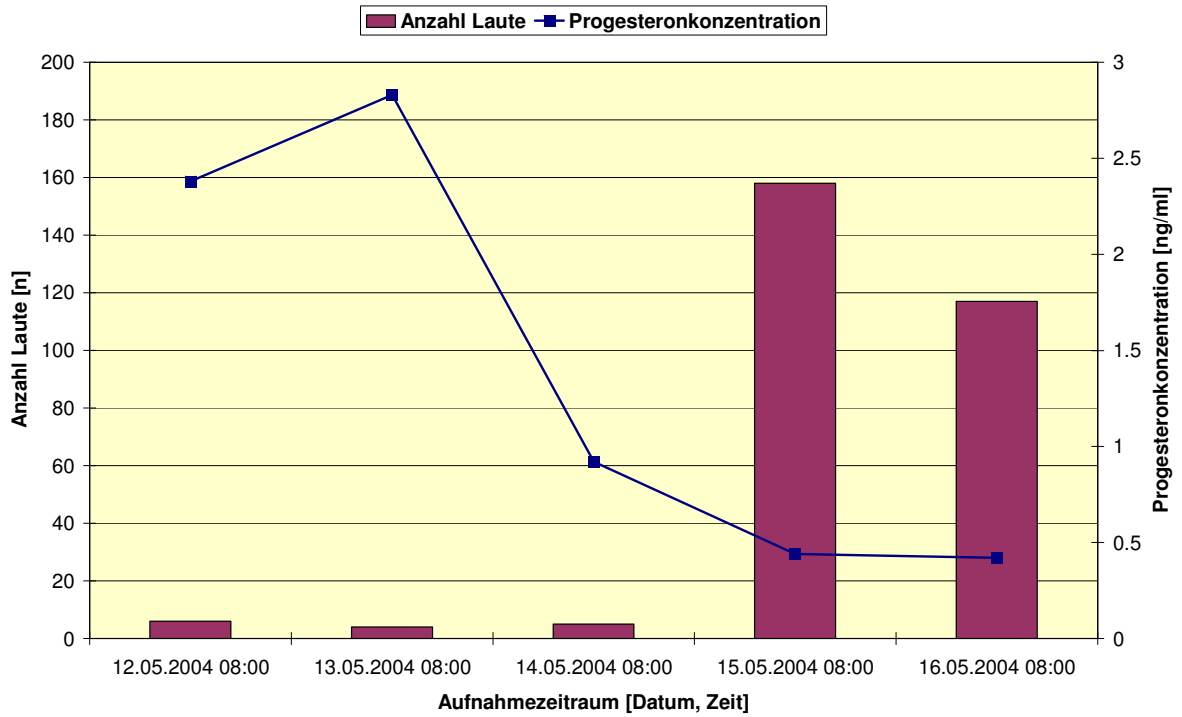
DE1301928557

DE1301928557 Brunstbeobachtung: 09.05.04



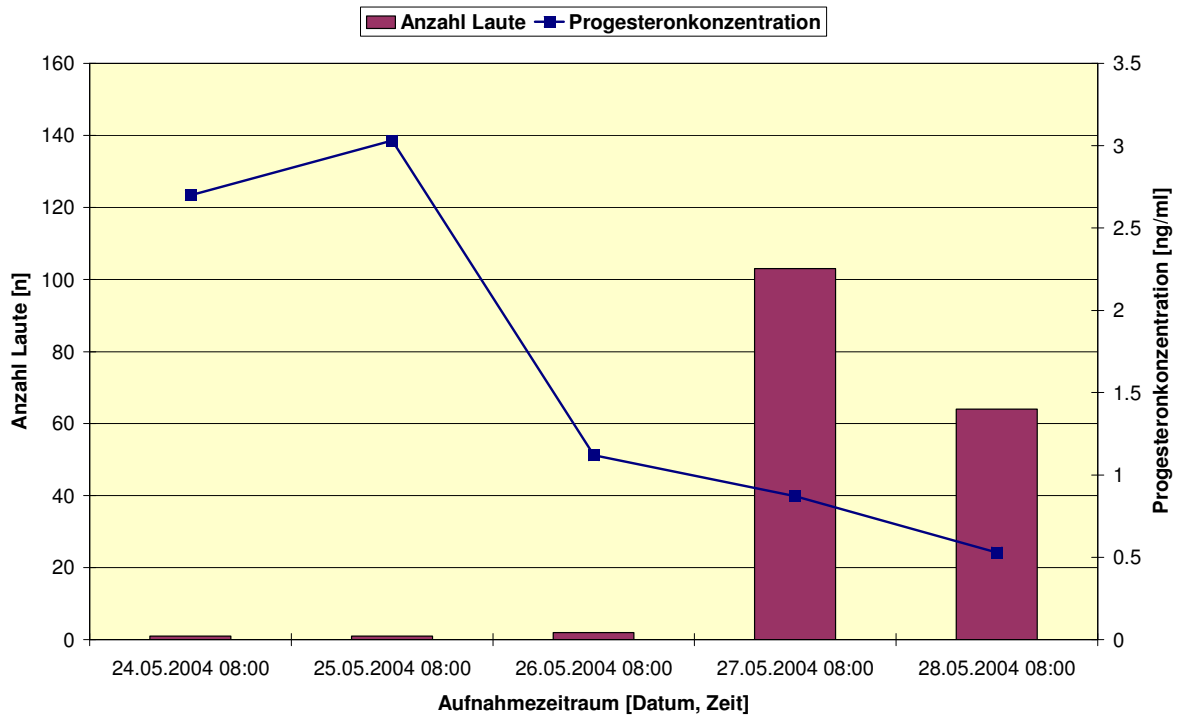
DE1301729861

DE1301729861 Brunstbeobachtung: 16.05.04



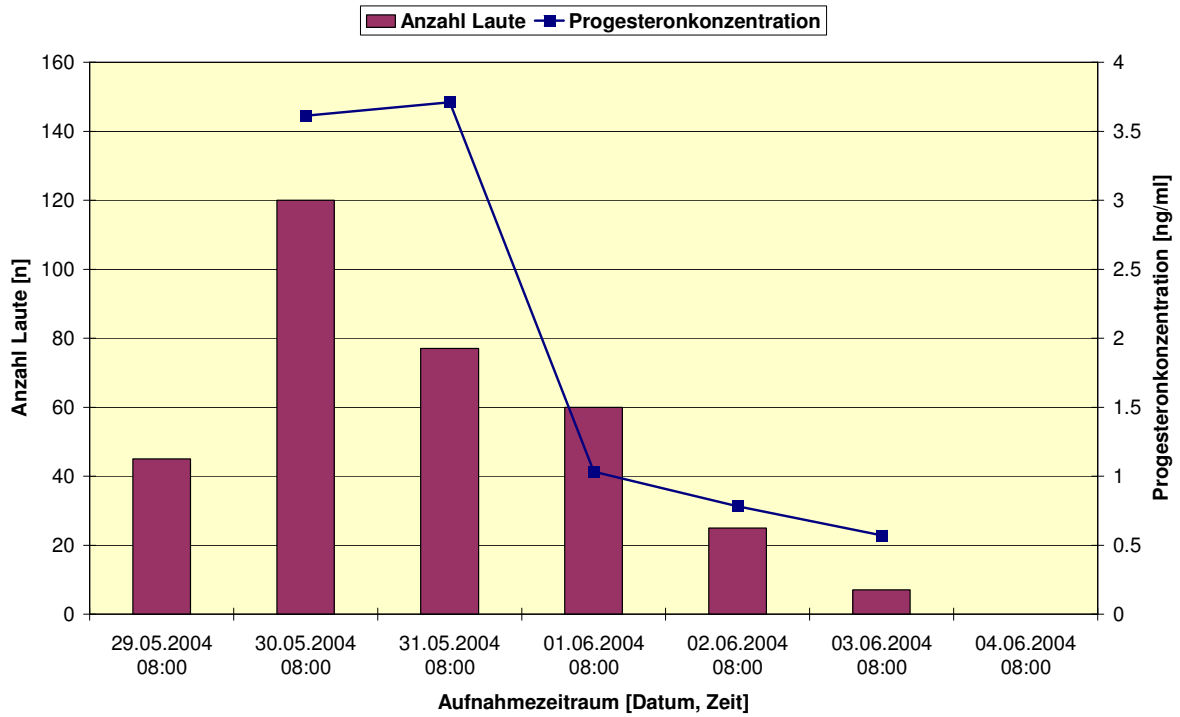
DE1301729884

DE1301729884 Brunstbeobachtung: 28.05.04



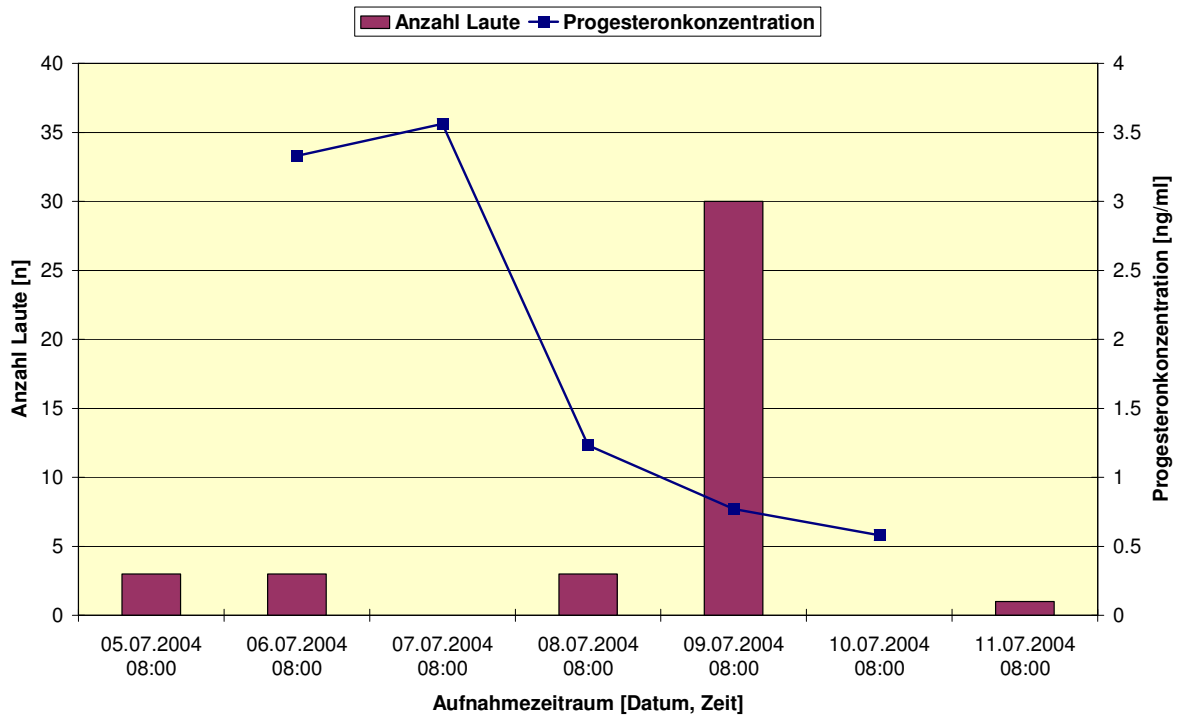
DE1301928556

DE1301928556 Brunstbeobachtung: 01.06.04



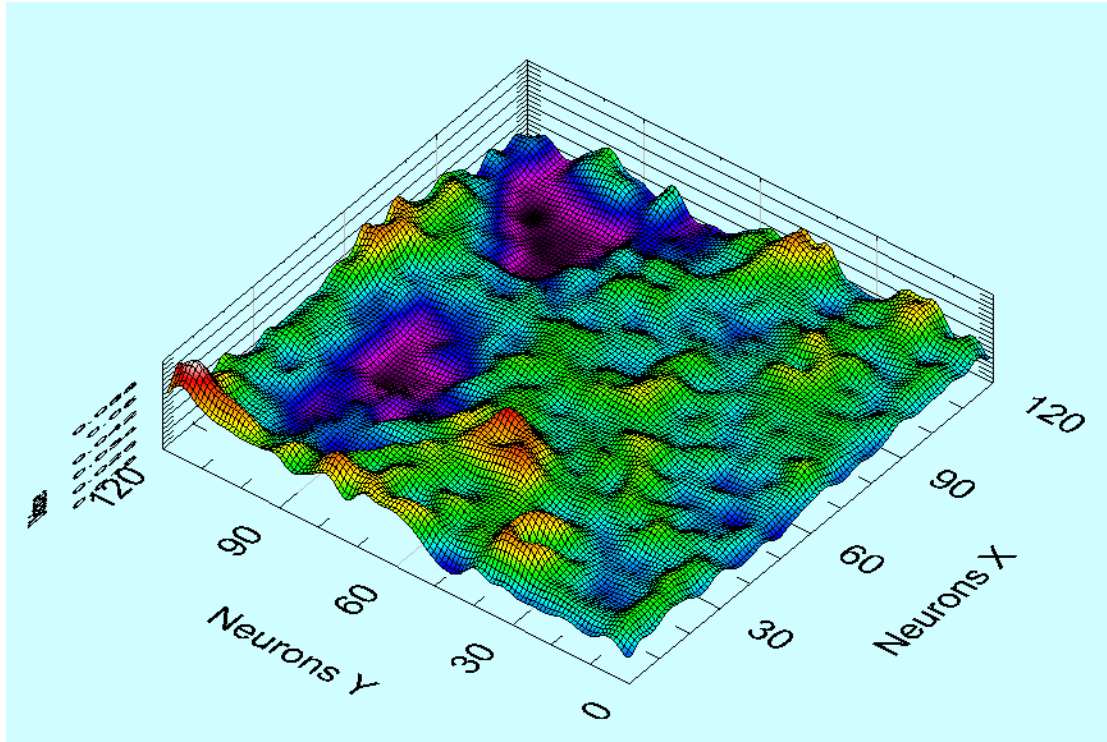
DE1301928555

DE1301928555 Brunstbeobachtung: 10.07.04

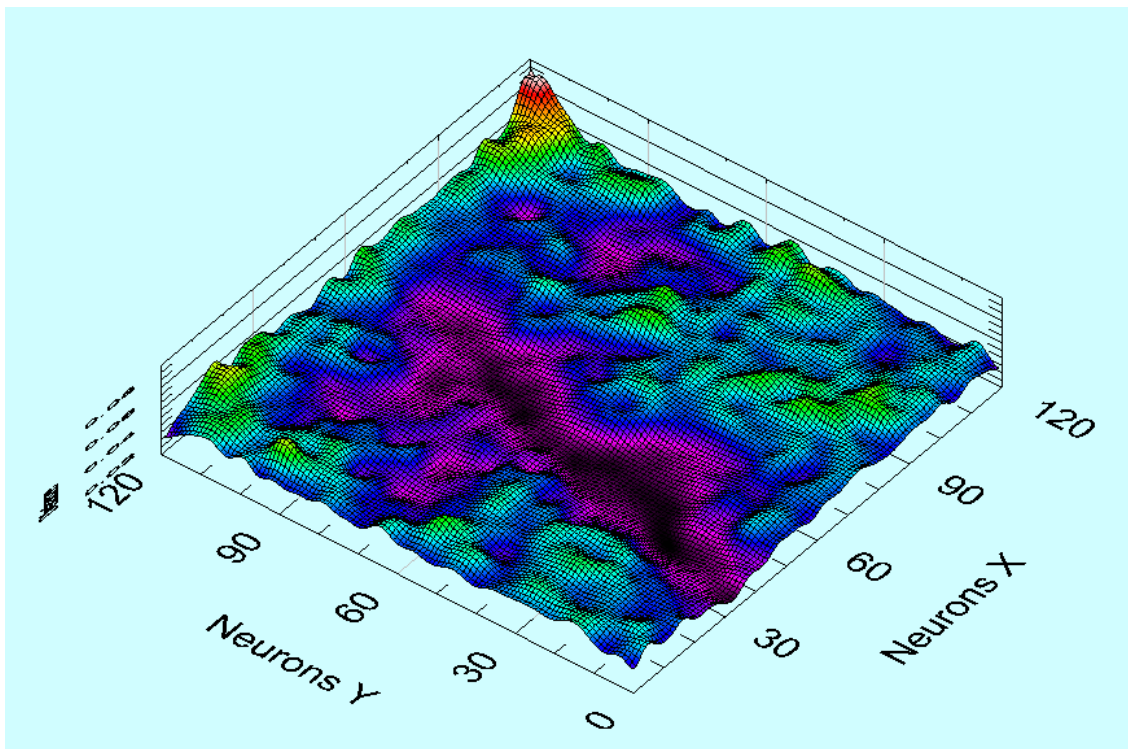


Anhang D: Darstellung der angelernten Merkmalskarten nach Kohonen für die automatisch ausgeschnittenen „Muh“ und „Brüll“ Anteile der Laute

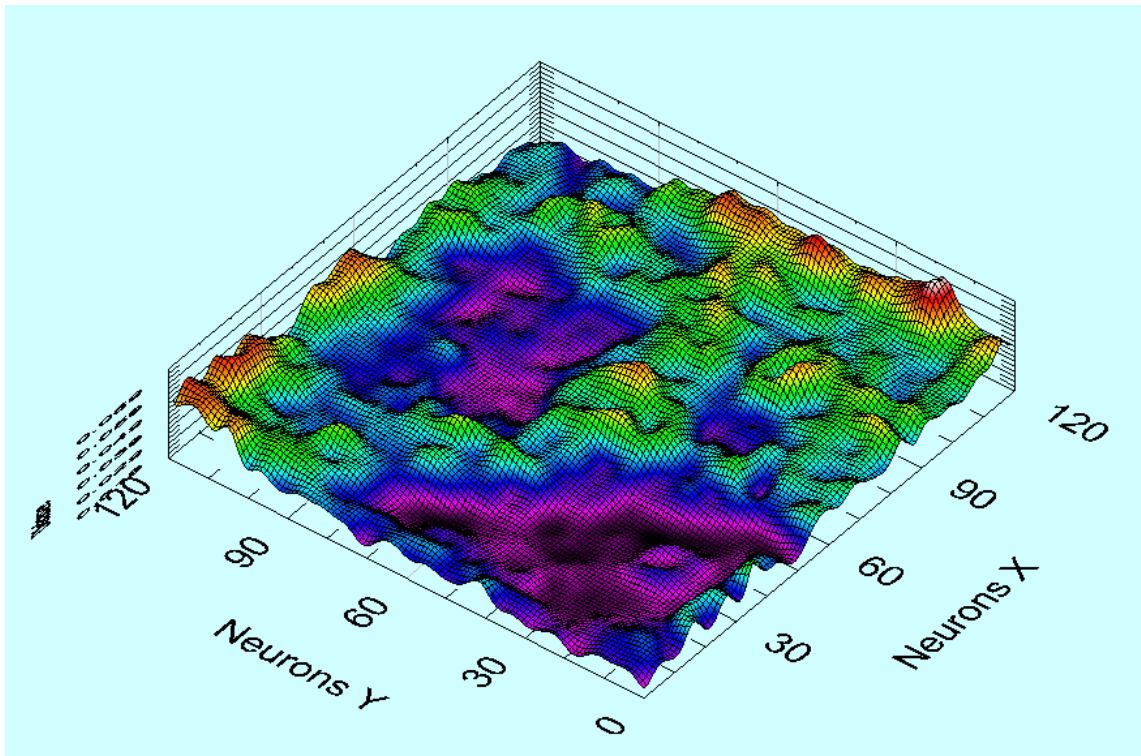
DE1301729866



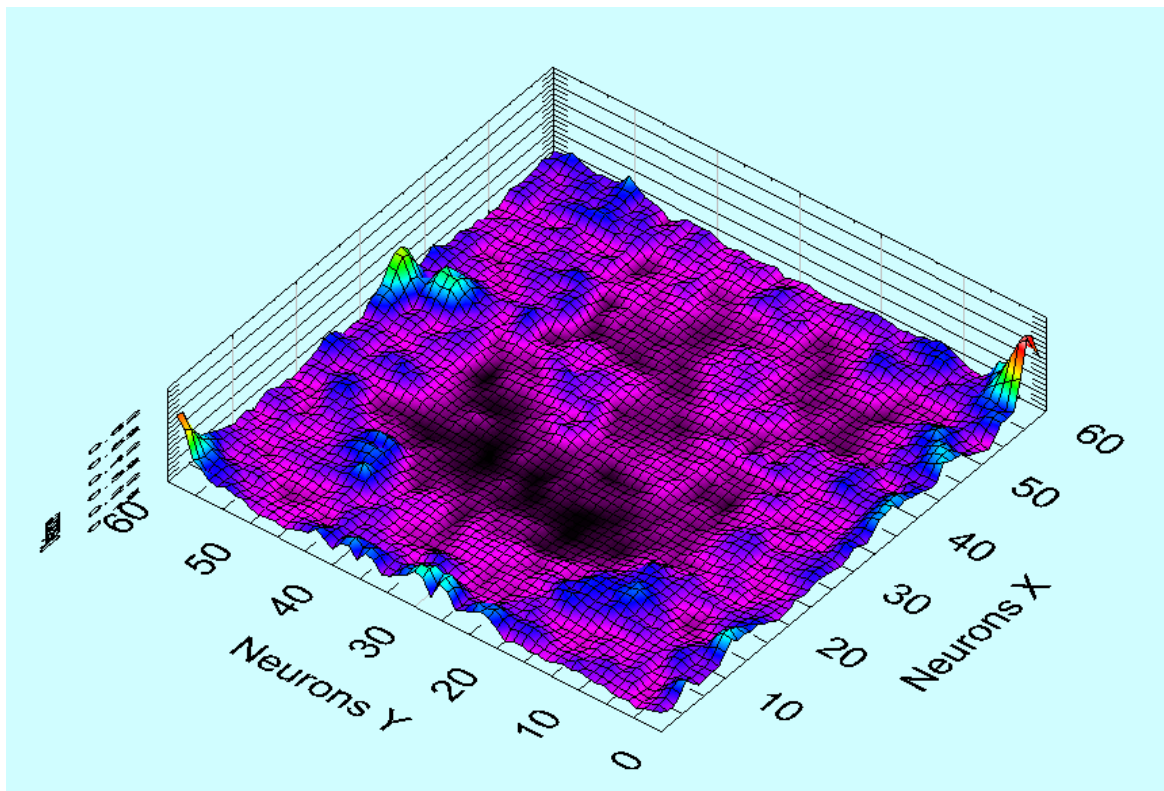
DE1301729852



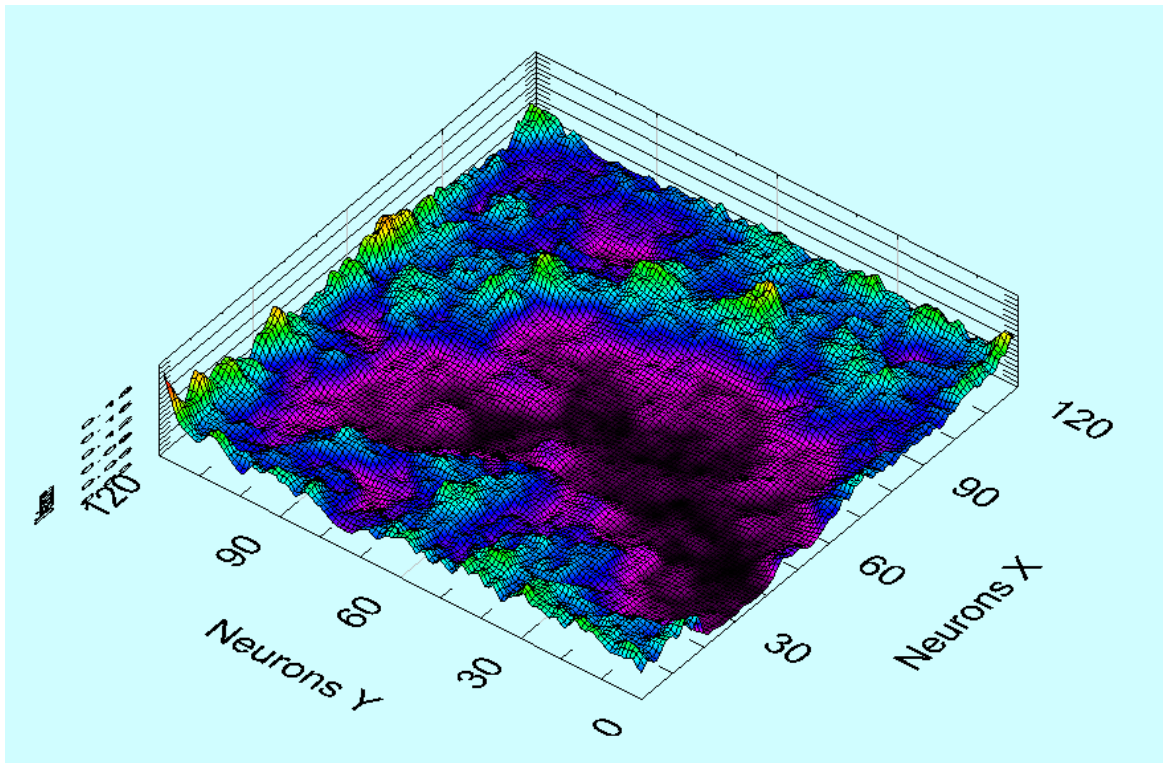
DE1301729876



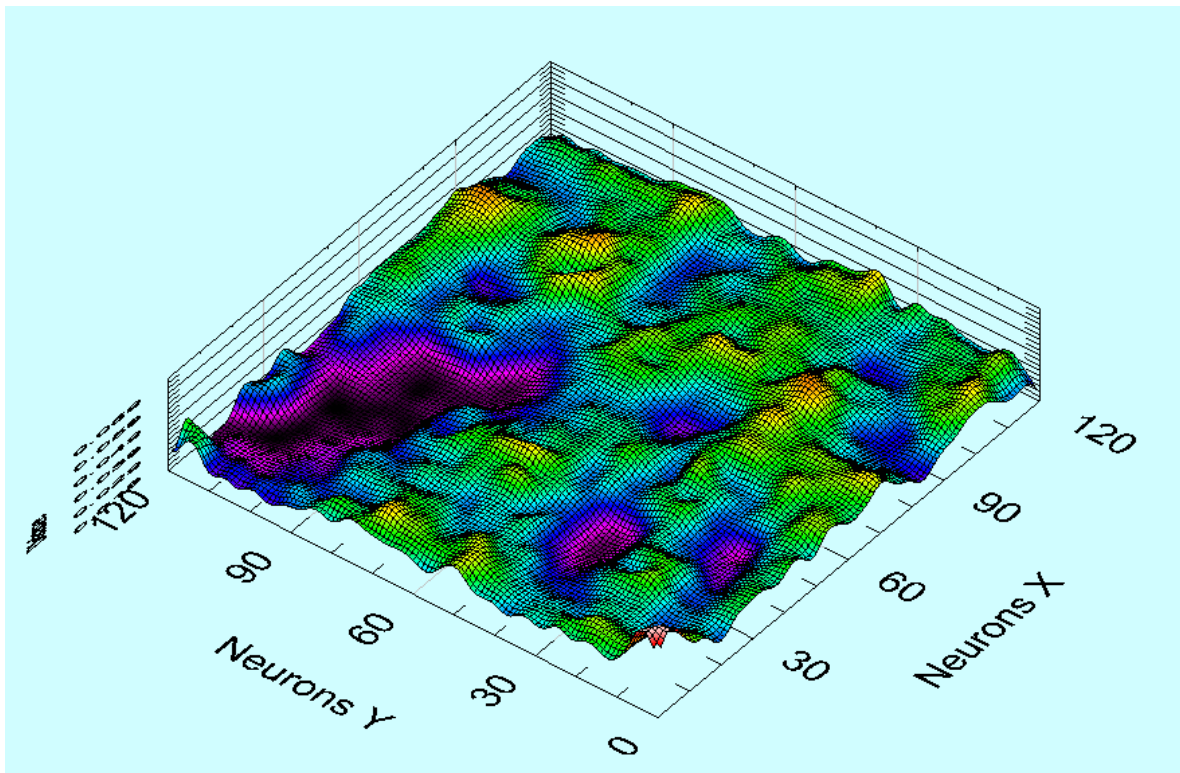
DE1301928559



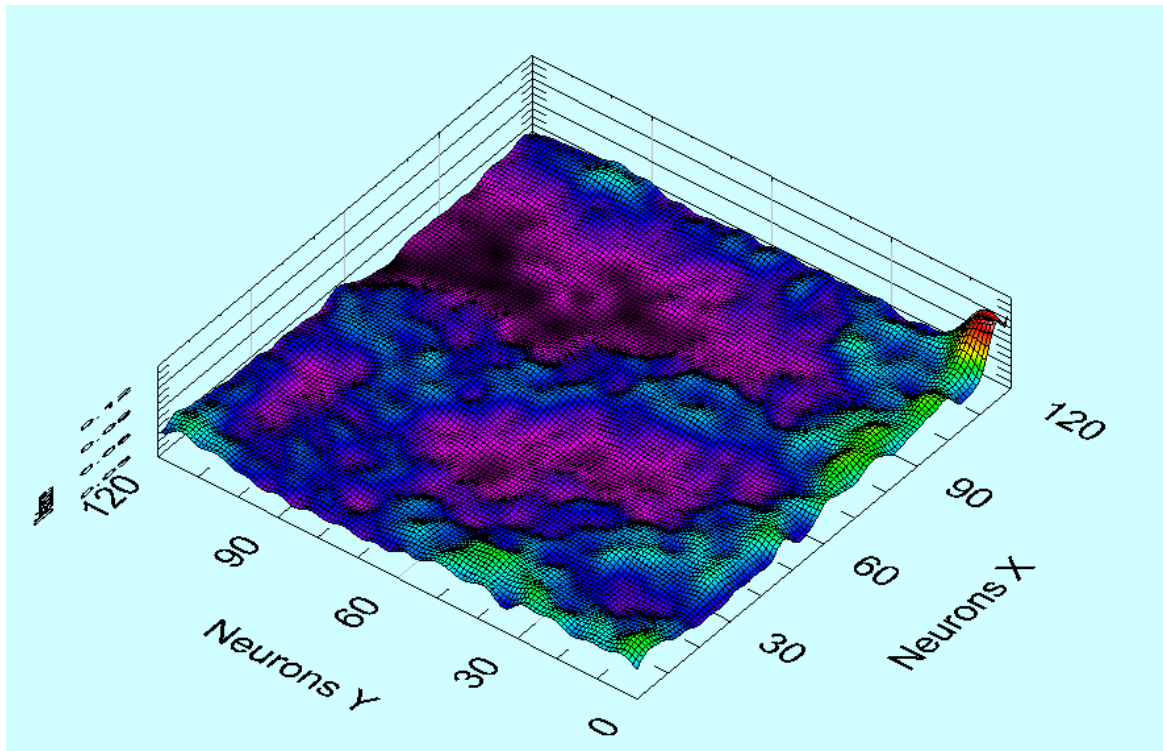
DE1301585731



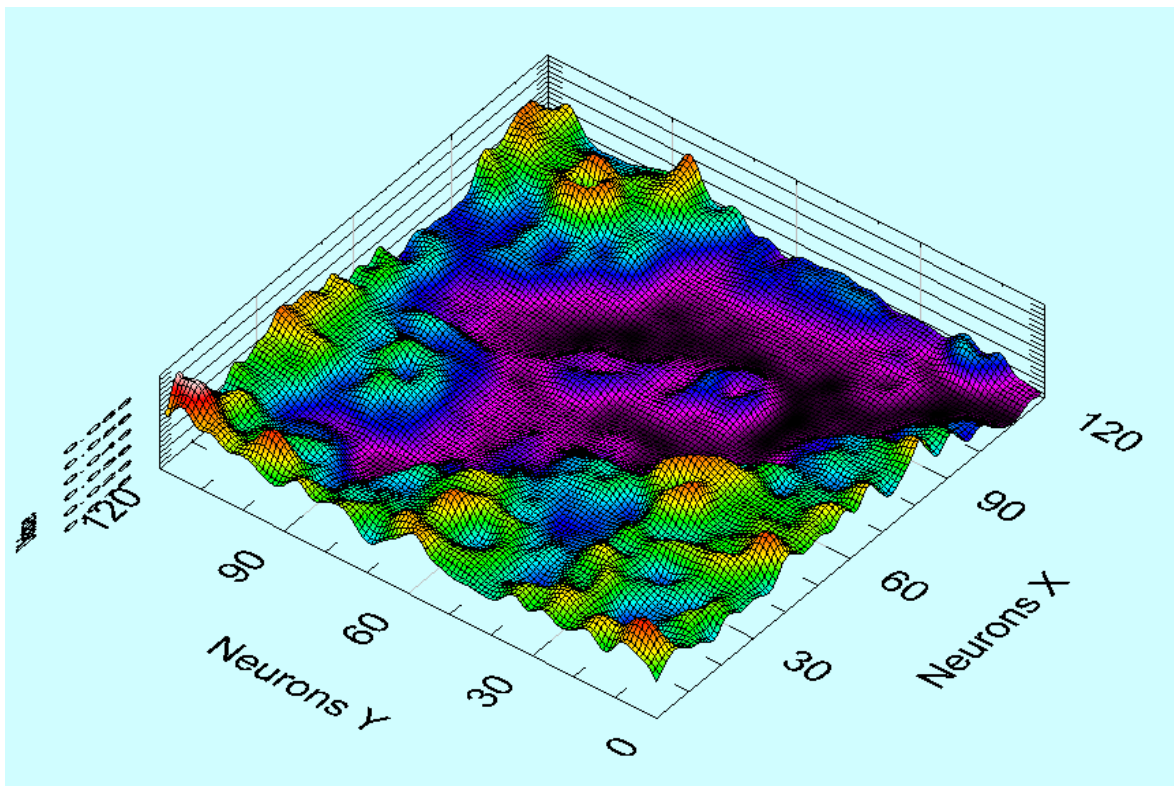
DE1301928557



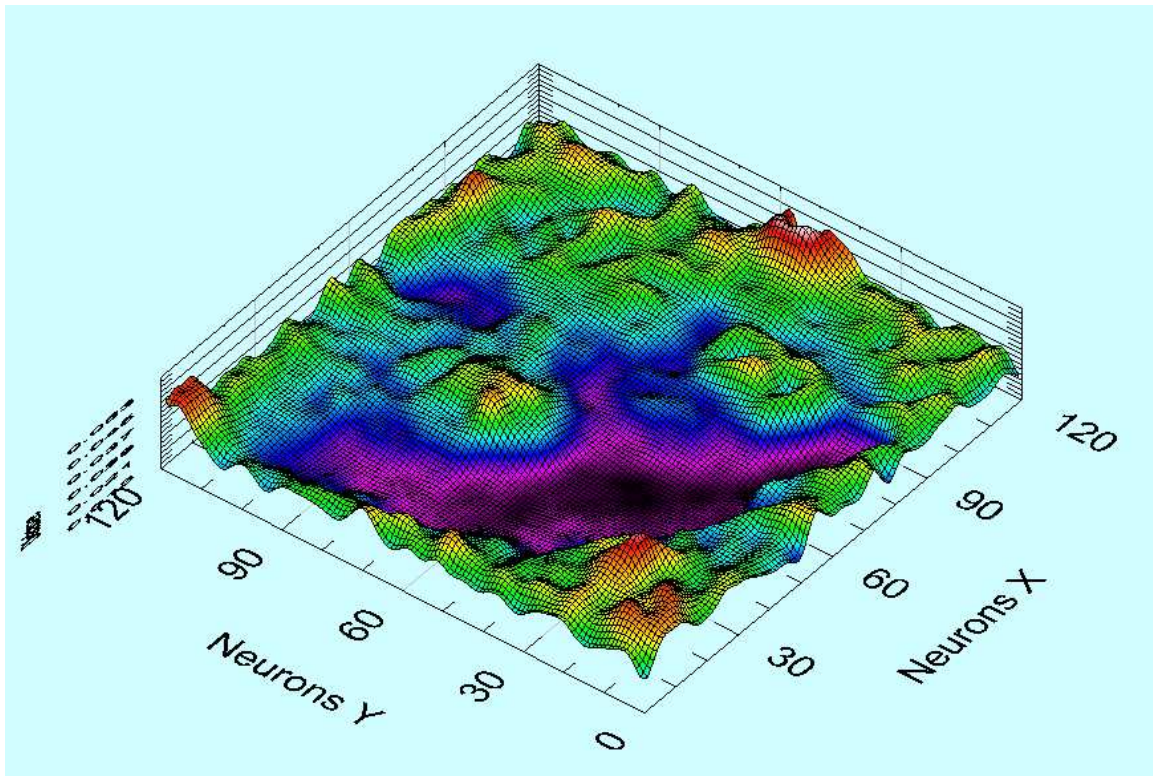
DE1301729861



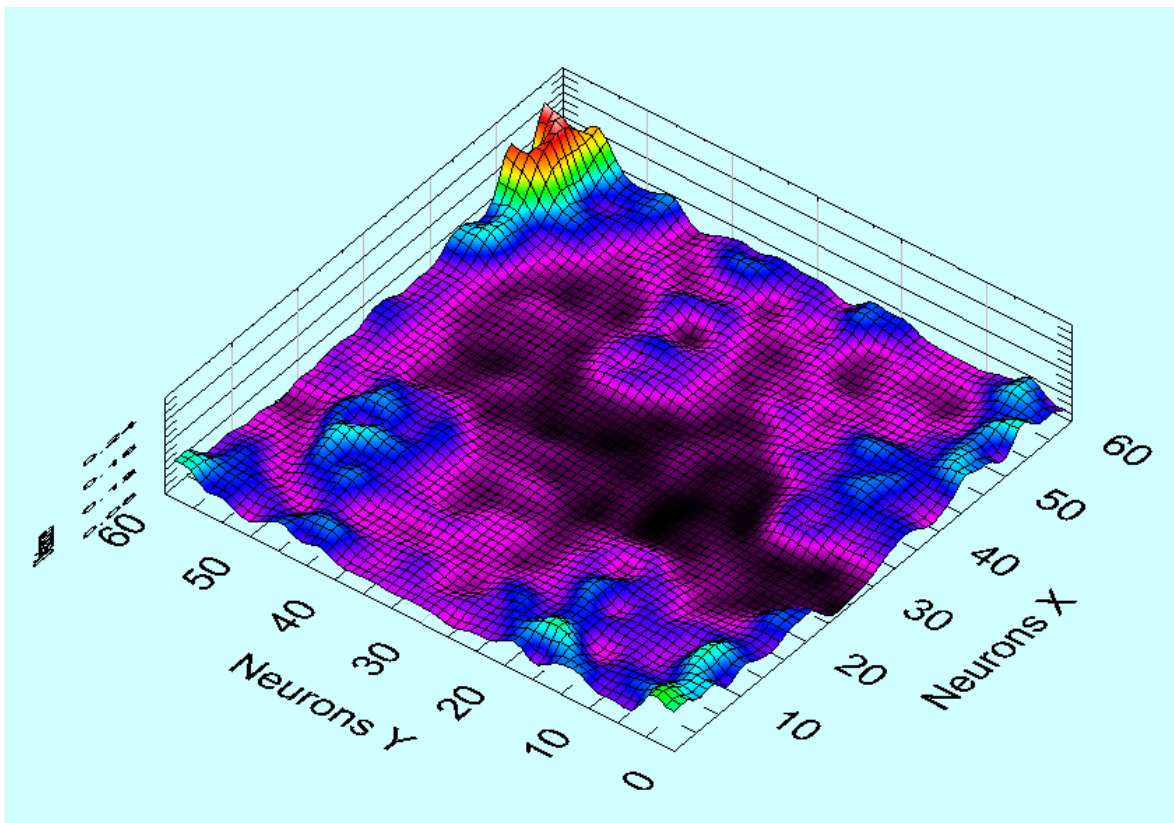
DE1301729884



DE1301928556



DE1301928555



Publikationsverzeichnis

Schön, P.C.; Hämel,K.; Puppe, B.; Tuchscherer, A.; Kanitz, W.; Manteuffel, G. (2006)

Untersuchung zur Veränderung der Vokalisationshäufigkeit während der Brunst beim Milchrind.

Züchtungskunde, 78, (5) 336-334, ISSN 0044-5401, Eugen Ulmer KG, Stuttgart

Schön, P.C.; Hämel,K.; Puppe, B.; Tuchscherer, A.; Kanitz, W.; Manteuffel, G. (2007)

Altered vocalization rate during the estrous cycle in dairy cattle.

J. Dairy Sci. 90, 202-206

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Kanitz für die Überlassung des Themas und die immer gewährte Unterstützung für alle Fragen des Versuchsaufbaus, und das weitere Vorgehen bei der Entwicklung des Projektes.

Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle auch bei Herrn Professor Heuwieser, Direktor der Klinik für Fortpflanzung, Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin für das Ermöglichen der Arbeit.

Mein allergrößter Dank gilt Herrn Dr. Peter-Christian Schön für die großartige und unermüdliche Unterstützung während der ganzen Arbeit. Ohne seine aufmunternden Worte und seinen nahezu unerschöpflichen Vorrat an guten Ideen zur Ergebnissauswertung hätte ich diese Arbeit niemals zu Ende führen können.

Des weiteren gebührt mein großer Dank Herrn Kurt Wendtland, der mit großem Geschick die nötige Technik zur Durchführung des Projektes immer am Laufen gehalten hat.

Auch Frau Hantel hat wesentlichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit, da sie die Betreuung der Rinder im Versuchstierstall hervorragend im Griff hat.

Ich danke dem gesamten Team des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere für das immer außerordentlich gutgelaunte und kollegiale Arbeitsklima und die hervorragende Zusammenarbeit.

An dieser Stelle möchte ich mich auch ganz besonders bei meinem Mann für seine großartige Unterstützung und für seine hervorragende konstruktive Kritik bedanken.

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, Kathrina Hämel, die vorliegende Arbeit selbständig und nur auf Grundlage der angegebenen Hilfsmittel und Literaturstellen verfasst zu haben.

Kathrina Hämel

Melle, den 28.03.2009