

Universität für Bodenkultur



Institut für Nutztierwissenschaften
Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Ruhe- und Schlafverhalten von Sauen in unterschiedlichen Abferkelsystemen

Diplomarbeit

Vorgelegt von: Carina Luif
Matrikelnummer: 0150892
Betreuer: Dr. Christoph Winckler

Wien, März 2008

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 4 |
| 1.1. Ziele und Fragestellungen..... | 4 |
| 2. Literaturübersicht | 5 |
| 2.1. Was ist Schlaf – was ist Ruhen? | 5 |
| 2.2. Schlafphasen | 5 |
| 2.2.1. Funktionen von Schlaf..... | 6 |
| 2.2.2. Schlafphasen und Thermoregulation | 7 |
| 2.3. Regulation des Schlafes | 8 |
| 2.4. Schlaf-Wach-Rhythmus | 8 |
| 2.5. Veränderungen im Schlaf-Wach-Rhythmus | 10 |
| 2.5.1. Gravidität und Laktation | 10 |
| 2.5.2. Depression und Stress..... | 11 |
| 2.6. Schlaf bei landwirtschaftlichen Nutztieren | 11 |
| 2.6.1. Schlaf beim Schwein | 12 |
| 2.6.2. Schlaf beim Rind | 14 |
| 2.6.3. Schlaf beim Pferd | 15 |
| 2.6.4. Schlaf bei Geflügel | 16 |
| 2.7. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität | 17 |
| 2.7.1. Physiologische Grundlagen..... | 17 |
| 2.7.2. Methoden der HRV-Analyse..... | 17 |
| 2.7.2.1. Zeit Domäne | 17 |
| 2.7.2.2. Frequenz Domäne..... | 18 |
| 2.7.2.3. Geometrische Domäne | 18 |
| 2.7.3. Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität | 19 |
| 2.7.3.1. Schlaf..... | 19 |
| 2.7.3.2. Psychischer und Physischer Stress | 19 |
| 2.7.3.3. Haltungssystem | 20 |
| 3. Tiere, Material und Methoden | 21 |
| 3.1. Versuchsstall | 21 |
| 3.1.1. Fütterung | 24 |
| 3.1.2. Licht-/Dunkelphase..... | 24 |
| 3.1.3. Raumtemperatur - Schadgaskonzentration | 24 |
| 3.2. Datenerhebung | 24 |
| 3.2.1. Bestimmung der Schlafphase anhand von ethologischen Kriterien | 24 |
| 3.2.2. Messung der Herzaktivität..... | 29 |
| 3.3. Statistische Analyse | 31 |
| 3.3.1. Anteile an Schlafphasen..... | 31 |
| 3.3.2. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 4. Ergebnisse | 32 |
| 4.1. Schlaf- und Aktivitätsverteilung | 32 |
| 4.1.1. Einfluss des Haltungssystems..... | 32 |
| 4.1.2. Einfluss des physiologischen Zustandes | 32 |
| 4.1.3. Einfluss des Untersuchungsdurchgangs..... | 33 |
| 4.2. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität | 33 |
| 4.2.1. Einfluss des Haltungssystems..... | 33 |
| 4.2.2. Einfluss der Messperiode | 33 |
| 4.2.3. Einfluss des Monats | 34 |
| 4.2.4. Einfluss der Schlaf-/Wachphase | 34 |
| 5. Diskussion | 38 |
| 5.1. Methode | 38 |
| 5.2. Schlaf- und Aktivitätsverteilung | 38 |
| 5.2.1. Einfluss des Haltungssystems..... | 38 |
| 5.2.2. Einfluss des physiologischen Zustandes | 40 |
| 5.2.3. Einfluss des Untersuchungsdurchgangs..... | 41 |
| 5.3. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität | 41 |
| 5.3.1. Einfluss des Haltungssystems..... | 41 |
| 5.3.2. Einfluss der Messperiode | 43 |
| 5.3.3. Einfluss des Monats | 43 |
| 5.3.4. Einfluss der Schlaf-/Wachphase | 43 |
| 6. Schlussfolgerungen | 45 |
| 7. Kurzzusammenfassung | 45 |
| 8. Abstract | 46 |
| 9. Danksagung | 46 |
| 10. Abkürzungen..... | 46 |
| 11. Quellenverzeichnis | 48 |
| 12. Abbildungsverzeichnis | 58 |
| 13. Tabellenverzeichnis..... | 58 |

1. Einleitung

Einen Großteil des Lebens verbringen Säugetiere mit schlafen. Die Funktion des Schlafes für das Wohlbefinden ist bisher noch nicht vollständig geklärt; Schlafstörungen und Schlaflosigkeit spielen jedoch in der Humanmedizin eine bedeutende Rolle. Bei landwirtschaftlichen Nutztieren wurde und wird Schlaf vergleichsweise wenig untersucht. Dies kann vermutlich darauf zurückgeführt werden, dass damit zumindest bisher kein unmittelbarer Nutzen im Hinblick auf Wohlbefinden oder Produktivität verbunden wird.

Jede Tierart hat bevorzugte Ruhe- und Schlafplätze. Das Schwein wählt gerne Ruheplätze, die Deckung gewähren und über räumliche Abgrenzungen verfügen (SAMBRAUS, 1978). Schlafplätze sollen daher geschützt sein und geschlossene Wände aufweisen (HÖRNING, 1999). Die Haltungssysteme für Zuchtsauen orientieren sich dagegen häufig nicht an den Bedürfnissen der Tiere, sondern an arbeitswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich günstigeren Alternativen. In Österreich werden rund 85 % der Zuchtsauen im Abferkelbereich in unstrukturierten Buchten mit Kastenstand gehalten (OMELKO UND SCHNEEBERGER, 2004). Die Ansprüche an einen geschützten Liegebereich mit geschlossenen Wänden für ein ungestörtes Ruhe- und Schlafverhalten können im Kastenstand nicht erfüllt werden. Auch aufgrund dessen ist eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Zuchtsauen denkbar.

Alternativen zum Fixieren der Sau im Kastenstand sind Freilaufbuchten. Im Gegensatz zu Kastenständen verfügen Freilaufbuchten über einen geschützten Liegebereich mit geschlossenen Wänden. Ein artgerechtes Ruheverhalten wird dadurch möglich. Es gibt unterschiedliche Systeme, so z.B. strukturierte Freilaufbuchten mit Einstreu, die einen planbefestigten Liege- und Fressbereich sowie einen perforierten Kotbereich aufweisen, oder aber unstrukturierte Buchten ohne Einstreu und mit Spaltenboden.

Untersuchungen zum Schlafverhalten von Schweinen in verschiedenen Haltungssystemen sind selten und häufig mehrere Jahrzehnte alt (z.B. LADEWIG UND ELLENDORFF, 1983). Allerdings liegen einige vergleichende Studien zum Einfluss der Einzel- beziehungsweise Gruppenhaltung auf die Herzfrequenz während der Fütterung, Trächtigkeit und Geburt vor (z.B. SCHOUTEN ET AL., 1991; MARCHANT UND RUDD, 1993; MARCHANT ET AL., 1997; BOYLE ET AL., 2000; DAMM ET AL., 2003; GEVERINK ET AL., 2003; MARCHANT-FORDE ET AL., 2003; HARRIS ET AL., 2006).

1.1. Ziele und Fragestellungen

Ziel der Studie war es, einen Überblick über das Ruhe-/Schlafverhalten von hochtragenden und laktierenden Sauen zu gewinnen. Die Erkenntnisse aus dieser Studie sollen in Zukunft für Schlüsse auf das Wohlbefinden während des Ruhe- und Schlafverhaltens von Schweinen genutzt werden können.

Im ersten Teil interessierte, ob sich das Ruhe-/Schlafverhalten von Sauen, die in verschiedenen Abferkelsystemen gehalten wurden, hinsichtlich der Schlafstadien unterscheidet. Im zweiten Abschnitt der Untersuchung interessierte, welchen Einfluss die Abferkelsysteme auf Parameter der Herzaktivität während unterschiedlicher Ruhe-/Schlafphasen haben.

2. Literaturübersicht

2.1. Was ist Schlaf – was ist Ruhen?

Schlaf ist ein Zustand länger andauernder Ruhe in einer bestimmten Schlafstellung, begleitet von einer reduzierten Aufmerksamkeit der Umwelt gegenüber (ZEPELIN ET AL., 2005). Das Tier reagiert mit längerer Latenz, geringerer Frequenz und kürzerer Dauer auf externe Störungen (PENZLIN, 2005). Drei Kriterien müssen erfüllt sein, um von Schlaf sprechen zu können: motorische und sensorische Veränderungen und schnelle Reversibilität in den wachen Zustand (SIEGEL UND HARPER, 1996). Es gibt mehrere Schlafpositionen, die für die jeweilige Schlafphase charakteristisch sind (WÖHR UND ERHARD, 2006), wie z.B. die Seitenlage während des REM-Schlafes beim Schwein. Schlaf findet meist in einer bestimmten Phase des Tages statt (WÖHR UND ERHARD, 2006).

Unter Ruhe versteht man alle Zustände der Inaktivität bei völligem Wachsein der Tiere. Ruhe kann durch physische Ermüdung zustande kommen. Der Zustand des Ruhens kann Schlaf herbeiführend wirken - das Tier beginnt dann zu dösen. Dösen ist gekennzeichnet durch eine reduzierte Aufmerksamkeit der Umwelt gegenüber und durch Erschlaffung der Muskulatur, z.B. halbgeschlossene Augen, hängende Ohren oder Aufstützen des Kopfes (HASSENBERG, 1965).

Um Schlafen von Ruhen unterscheiden zu können, müssen die für die jeweilige Tierart charakteristischen Schlafmerkmale festgestellt werden. Erst beim Vorliegen mehrerer dieser Merkmale kann von Schlaf gesprochen werden (NICOLAU ET AL., 2000).

2.2. Schlafphasen

Schlaf ist eine relativ späte phylogenetische Entwicklung und kommt nur bei Vertebraten vor (HEDIGER, 1980). Beim Schlaf von Säugetieren und Vögeln werden zwei Schlafstadien unterschieden: Non-Rapid Eye Movement (NREM) Schlaf und Rapid Eye Movement (REM) Schlaf (KOELLA, 1973; HOUPPT, 2005).

Der Name REM leitet sich von den schnellen Augenbewegungen ab, die in dieser Phase vorkommen (SIEGEL, 2005). Es wird vermutet, dass sich REM-Schlaf im Laufe der Evolution, in Verbindung mit der Endothermie, entwickelt hat. Parallel dazu gab es bei Vögeln eine ähnliche Entwicklung. Reptilien zeigen keinen REM-Schlaf (KOELLA, 1973; ZEPELIN ET AL., 2005). Über die Funktion von REM-Schlaf ist man bis heute noch im Unklaren (SIEGEL, 2005).

Die charakteristischen Merkmale von REM-Schlaf sind die Erschlaffung der Muskulatur, Augenbewegungen, Zuckungen an den Extremitäten und im Gesicht (KOELLA, 1973; ELGAR ET AL., 1988; KOTRABÁČEK UND HÖNIG, 1989a; PARMEGGIANI, 2005), und Unregelmäßigkeiten in der Atmung und der Herzrate (SIEGEL, 2005). Während des REM-Schlafes ist kein Aufrechterstehen oder -sitzen möglich. Wenn es die Schlafunterlage nicht erlaubt erschlaft zu liegen, wird REM-Schlaf gehemmt (KOELLA, 1973). RUCKEBUSCH (1974) konnte diesen Effekt bei Rindern beobachten - wenn diese am Liegen gehindert wurden, zeigten sie keinen REM-Schlaf.

NREM-Schlaf kann bei Säugetieren in vier Phasen unterteilt werden: Einschlafstadium, leichter Schlaf, mittlerer Schlaf und Tiefschlaf (KOELLA, 1973; GERIGK UND LYHS, 1986; JUNGBLOOT ET AL., 1989; SCHMIDT, 2000; WÖHR UND ERHARD, 2006). Die Untergliederung des NREM-Schlafes in diese vier Phasen ist bei Tieren nicht so eindeutig differenzierbar wie beim Menschen (SIEGEL UND HARPER, 1996).

Die charakteristischen Merkmale von NREM-Schlaf sind die Einnahme einer für die jeweilige Tierart spezifischen Schlafposition (PARMEGGIANI, 2005) und die Reduzierung des Muskelto-

nus (GAILLARD, 1980). Ein Großteil des Schlafes besteht aus NREM-Schlaf (ELGAR ET AL., 1988).

Während des Schlafens wechseln sich Phasen des REM-Schlafes und Phasen des NREM-Schlafes ab. Dieser Wechsel wird als Schlafzyklus bezeichnet, auch bekannt als NREM-REM Zyklus (ZEPELIN ET AL., 2005).

Die NREM-Schlafdauer korreliert negativ mit der Körpergröße - große Tiere verbringen weniger Zeit im NREM-Schlaf als kleine Tiere. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass große Tiere oft Pflanzenfresser sind, und diese aufgrund der geringeren Energiedichte ihrer Nahrung länger für die Futtermittelaufnahme brauchen, und daher weniger Zeit für das Schlafen haben. Weiter ist es für große Tiere schwieriger einen sicheren Platz zum Schlafen aufzusuchen; diese ruhen/schlafen häufig auf ungeschützten Plätzen. Auf Grund der Gefahr, der sie dabei ausgesetzt sind, haben sie im Laufe der Evolution weniger Schlaf entwickelt. Die REM-Schlafdauer hängt mit der Gefahr zusammen, der die jeweilige Tierart ausgesetzt ist. Die Dauer an REM-Schlaf ist bei Raubtieren und bei Tieren mit einem sicheren Schlafplatz höher als bei Beutetieren mit einem ungeschützten Schlafplatz (ALLISON UND CICCETTI, 1976).

2.2.1. Funktionen von Schlaf

Die Funktionen von Schlaf sind noch nicht völlig geklärt und werden teilweise kontrovers diskutiert. Zu den klassischen Theorien zählen unter anderem:

- **Energieeinsparungstheorie:** Bei dieser Theorie gibt es zwei Ansätze. Einerseits wird davon ausgegangen, dass Schlaf Energieeinsparungen bewirkt, die durch das Ruhen alleine nicht zustande kommen könnten. Andererseits besagt die Theorie, dass Schlaf eine Aktivitätsminderung darstellt, durch die es letztendlich zu den Energieeinsparungen kommt (ZEPELIN ET AL., 2005).
- **Immobilisierungstheorie:** Auch hier gibt es zwei Ansätze. ZEPELIN ET AL. (2005) glauben, dass die Immobilisierung dazu dient, dass Schlaf zu einer Zeit verhindert wird, wo es für das Tier ineffizient oder gefährlich wäre, aktiv zu sein. MEDDIS (1975) sieht die Funktion der Immobilität in einer physiologischen Erholung.
- **Restorative Theorie:** Die Funktion von Schlaf besteht laut dieser Theorie darin, den Organismus körperlich und geistig von den Belastungen des Wachseins zu entlasten (ZEPELIN ET AL., 2005). Es kommt zu physiologischen Erholungsprozessen, welche während der Aktivität nicht stattfinden könnten (MEDDIS, 1975).

Diese Theorien können jedoch die Funktionen von Schlaf nicht vollständig erklären (NICOLAU, 2000). Daher haben sich sogenannte komparative Theorien entwickelt, die davon ausgehen, dass Schlaf mit der Komplexität des Gehirns variiert. Vor allem REM-Schlaf hat bei dieser Theorie, aufgrund der erhöhten neuronalen Aktivität die in dieser Schlafphase stattfindet, das Interesse geweckt. Man hat herausgefunden, dass Säugetiere, bei denen das Hirngewicht bei der Geburt gegenüber dem ausgewachsenen Zustand noch relativ gering ist, einen höheren Anteil an REM-Schlaf haben, sowohl im Säugealter als auch im Erwachsenenalter (ZEPELIN ET AL., 2005). ELGAR ET AL. (1988) und SIEGEL UND HARPER (1996) stellten fest, dass Nesthocker sowohl nach der Geburt als auch im ausgewachsenen Alter einen höheren REM-Anteil als Nestflüchter aufwiesen.

Bei Rindern, Schafen, Pferden und Ziegen ist das Gehirn bei der Geburt bereits höher entwickelt als bei Menschen und Schweinen. Schweine zeigen im Vergleich mit den anderen landwirtschaftlichen Nutztieren auch den höchsten Anteil an REM-Schlaf (Abbildung 2.1).

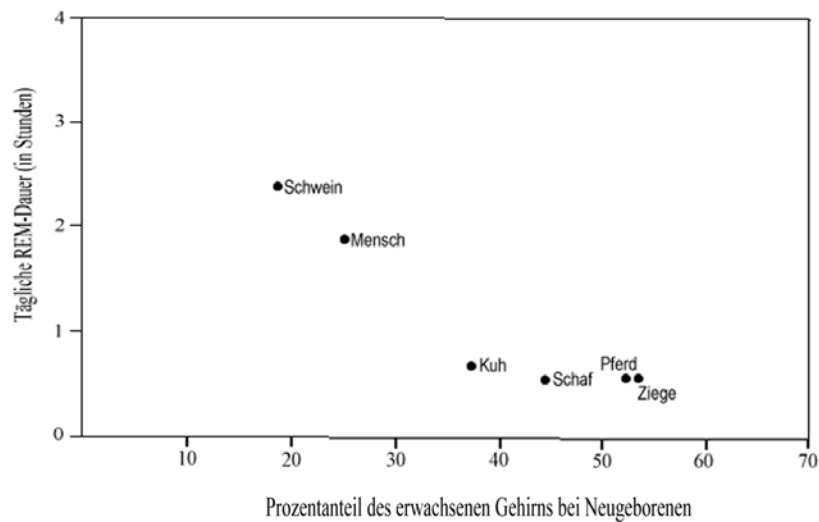


Abbildung 2.1: Korrelation zwischen Hirngewicht bei der Geburt und Dauer des REM-Schlafes (ZEPELIN ET AL., 2005; verändert)

Neugeborene Säugetiere haben einen höheren Anteil an REM-Schlaf als ausgewachsene Tiere (RUCKEBUSCH, 1962; KUIPERS UND WHATSON, 1979; KOTRABÁČEK UND HÖNIG, 1989a). Der höhere Anteil an REM-Schlaf beim Neugeborenen hat zur Vermutung geführt, dass diese Perioden, in denen eine erhöhte neuronale Aktivität stattfindet, für die ontogenetische Entwicklung des Zentralnervensystems wichtig sind (SCHMIDT, 2000).

Durch die Entwicklung moderner Analyse-Methoden konnten Zusammenhänge zwischen dem Schlaf und der hormonellen Sekretion festgestellt werden (WEIKEL, 2005). STEIGER (2003) beschreibt, dass Interaktionen zwischen dem Schlaf fördernden Wachstumshormon und dem Schlaf hemmenden Corticotropin-freisetzenden Hormon eine Schlüsselfunktion bei der Schlafregulation ausüben. Die endokrinologische Schlafforschung ist noch relativ jung, gewinnt aber zunehmend an Bedeutung.

2.2.2. Schlafphasen und Thermoregulation

Säugetiere und Vögel sind homöotherm, d.h. sie können ihre Körpertemperatur selbst regulieren und sind somit in ihrer Aktivität nicht von der Außentemperatur abhängig. Thermoregulatorische Prozesse während des Schlafes sind abhängig vom Schlafstadium.

Während des NREM-Schlafes korreliert die Körpertemperatur negativ mit der Umgebungstemperatur, d.h. die homöothermische Regulation ist aktiv. Im Gegensatz dazu findet während des REM-Schlafes ein Wechsel von der homöothermischen Thermoregulation zur wechselwarmen Körpertemperaturregulation statt (BACH ET AL., 2002). PARMEGGIANI UND RABINI (1967) konnten feststellen, dass Katzen im REM-Schlaf weder schwitzten noch zitterten, während des NREM-Schlafes jedoch schon.

Diese Tatsache führt dazu, dass es in einer nicht temperierten Umgebung zu einem Konflikt im Tier zwischen Aufrechterhaltung der Homöothermie und Schlafdruck kommt. Das Resultat dieses Konflikts ist eine Störung der Schlafstruktur und -effizienz (KOELLA, 1973; GLOTZBACH UND HELLER, 1976), sowie eine Verringerung der Schlafdauer bei Hitze als auch bei Kälte (PARMEGGIANI UND RABINI, 1967).

KOTRABÁČEK UND HÖNIG (1989a) beobachteten bei Ferkeln eine signifikante Abnahme des REM-Schlafes bei Senkung der Temperatur der Bodenoberfläche von 37 °C auf 28 °C. Ähn-

liche Untersuchungen gibt es auch bei Ratten. MAHAPATRA ET AL. (2005) konnten beobachten, dass bei tiefen Temperaturen der Anteil an REM-Schlaf am Gesamtschlaf sank. Bei hohen Temperaturen konnte entweder eine Erhöhung (MAHAPATRA ET AL., 2005) oder eine Reduktion des REM-Schlafes festgestellt werden (SINHA UND RAY, 2006). GALLAND ET AL. (1993) beobachteten bei Ferkeln mehr REM-Schlaf, wenn der Kopf gekühlt wurde, während eine signifikante Reduktion des REM-Schlafs auftrat, wenn warme Luft auf das Gesicht geblasen wurde.

Der Energieumsatz sinkt mit zunehmender Schlaftiefe (JUNGBLOOT ET AL., 1989). Da in der REM-Schlafphase weniger Energie zur Aufrechterhaltung der Körperwärme benötigt wird, folgerten KOTRABÁČEK UND HÖNIG (1989b), dass Ferkel dadurch die Futterenergie effizienter für Wachstum nutzen können.

2.3. Regulation des Schlafes

NREM- und REM-Schlaf schließen sich gegenseitig aus und werden auch unterschiedlich reguliert (PENZLIN, 2005). REM-Schlaf entsteht im Hirnstamm, insbesondere in der Pons und den angrenzenden Teilen des Mittelhirns. Dieser Bereich und der Hypothalamus enthalten Zellen, die während des REM-Schlafes maximal aktiv sind – so genannte REM-On Zellen – sowie so genannte REM-Off Zellen, die während des REM-Schlafes minimal aktiv sind (SIEGEL, 2005). Der REM-Schlaf wird durch einen circadianen Schrittmacher im Nucleus supra-chiasmaticus gesteuert. Ausgelöst wird der REM-Schlaf durch serotonerge Neuronen, während noradrenerge und cholinerge Neuronen den REM-Schlaf Ablauf steuern (PENZLIN, 2005).

NREM-Schlaf entsteht im Diencephalon (SIEGEL UND HARPER, 1996) und wird durch einen Schlaf-Homöostaten im basalen Vorderhirn reguliert, der ohne suprachiasmatischen Nucleus funktioniert. Der circadiane Schrittmacher bestimmt das bevorzugte Zeitfenster pro Tag für den Schlaf, der Schlaf-Homöostat misst das Schlafbedürfnis (PENZLIN, 2005).

2.4. Schlaf-Wach-Rhythmus

Der Schlafrhythmus und das Schlafbedürfnis der einzelnen Tierarten ist unterschiedlich. Allgemein unterscheidet man monophasische Tiere, die pro Tag nur einmal schlafen, und polyphasische Tiere, die pro Tag mehrmals schlafen (KOLB, 1989). Jede Säugetierart hat stabile Zeit-Intensitäts-Muster von Aktivität und Inaktivität innerhalb eines Tages (HEDIGER, 1980; KOELLA, 1984). Der Schlaf-Wach-Rhythmus von Säugetieren unterliegt ungefähr der Dauer eines 24-Stunden-Tages und wird als circadian bezeichnet. Im Wesentlichen wird der Schlaf-Wach-Rhythmus gesteuert über:

- Exogene Faktoren wie z.B. Tageslicht, Temperatur, Licht, Fütterung, soziale Interaktionen (SCHMIDT, 2000; HOUP, 2005; MISTLBERGER UND RUSAK, 2005; ZIMMERMANN UND PFEIFFER, 2007),
- Körpertemperatur (ZIMMERMANN UND PFEIFFER, 2007),
- Endogene Stimulation (Regulationszentren im Hypothalamus, suprachiasmatischen Nucleus), Wachstumshormon, Prolaktin, Melatonin und Cortisol (KOLB, 1989; ZIMMERMANN UND PFEIFFER, 2007).

Der Schlafzyklus unterliegt einem Rhythmus im Stundenbereich und wird als ultradian bezeichnet (HOUP, 2005). Die Dauer des Schlafzykluses variiert bei Säugetieren von Art zu Art. Die Schlafdauer und der Anteil des REM-Schlafes an der Gesamtschlafzeit sind ebenfalls artspezifisch (ZEPELIN ET AL., 2005).

Beim Menschen können in einer achtstündigen Schlafperiode vier bis fünf Schlafzyklen von rund 90 Minuten Dauer beobachtet werden (KOELLA, 1973; PENZLIN, 2005). In Abbildung 2.2 ist ein Schlafprofil eines gesunden erwachsenen Menschen dargestellt. Der Schlaf beginnt mit dem Einschlafstadium (Schlafstadium I), gefolgt von leichtem (Schlafstadium II), mittlerem (Schlafstadium III) und tiefem (Schlafstadium IV) Schlaf; im Anschluss daran tritt erst REM-Schlaf auf. Die erste REM-Phase beginnt ca. 70 bis 90 Minuten nach Schlafbeginn. Das Stadium Tiefschlaf überwiegt in der ersten Nachthälfte, in der zweiten Nachthälfte überwiegt REM-Schlaf (SCHMIDT, 2000).

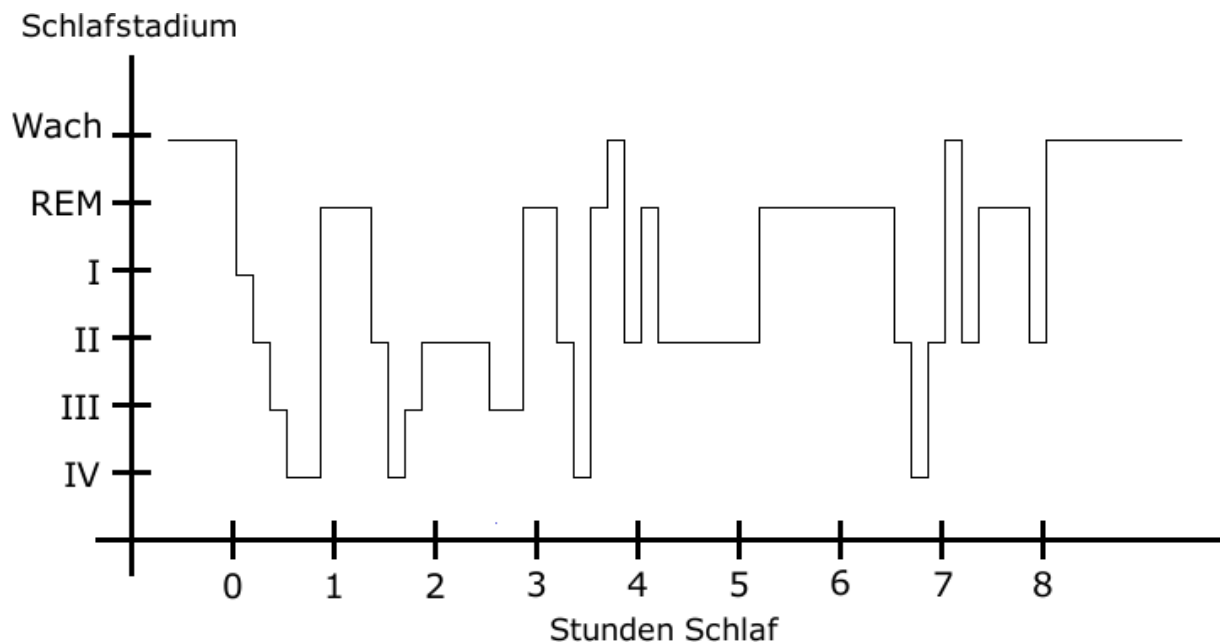


Abbildung 2.2: Schlafprofil eines Menschen (MUELLER, 2006)

RUCKEBUSCH (1972, 1975) hat Schlaf beim Pferd, Rind, Schaf und Schwein untersucht. Der Autor konnte beobachten, dass Schlaf bei diesen Tierarten während der Nacht generell in zwei bis drei Perioden auftritt, d.h. Phasen des Wachseins und Phasen des Schlafes wechselten einander ab. Während jeder dieser Perioden kamen drei bis vier Schlafzyklen (NREM-REM Zyklen) vor.

Abbildung 2.3 zeigt die Aktivitäts- bzw. Schlafphasen eines 15 Tage alten Ferkels innerhalb von 24 Stunden. Phasen der Aktivität und Phasen des Schlafens wechseln sich im Verlauf ab. Innerhalb der Beobachtungsperiode kamen 46 Schlafzyklen vor.

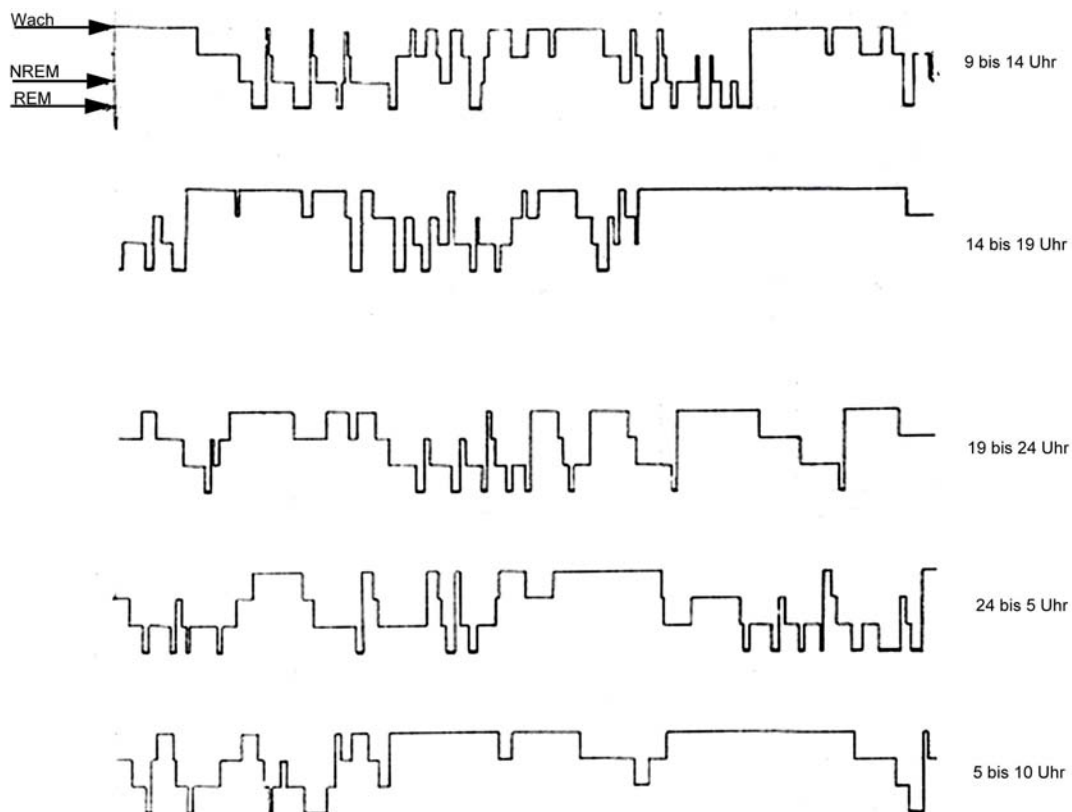


Abbildung 2.3: Aktivitäts- und Schlafprofil eines Ferkels innerhalb einer 24 Stunden Periode (RUCKEBUSCH UND MOREL, 1968; verändert)

Beim Schwein ist die kurze Dauer von maximal fünf Minuten je Schlafstadium, das Überwiegen des leichten und mitteltiefen Schlafes gegenüber dem tiefen Schlaf und ein sprunghafter Wechsel der Schlafstadien ohne spezifische Reihenfolge charakteristisch (JUNGBLOOT ET AL., 1989).

Der phasische Verlauf des Schlafes, wie er für den Menschen charakteristisch ist, konnte weder beim Hausschwein (JUNGBLOOT ET AL., 1989), noch beim Pferd nachgewiesen werden (WÖHR UND ERHARD, 2006).

2.5. Veränderungen im Schlaf-Wach-Rhythmus

2.5.1. Gravidität und Laktation

Die Gravidität beeinflusst die Schlafdauer und -intensität. Literatur bezüglich Schlafunterschiede von tragenden gegenüber nicht tragenden Sauen konnte nicht gefunden werden. Es gibt aber Studien über den Einfluss der Schwangerschaft auf den Schlaf von Menschen und Ratten.

KIMURA ET AL. (1996) stellten bei Ratten vom ersten Tag der Trächtigkeit einen höheren Schlafanteil, sowohl für den NREM- als auch den REM-Schlaf, fest. Der Anteil an REM-Schlaf am Gesamtschlaf sank ungefähr in der Mitte der Trächtigkeit wieder auf seinen ursprünglichen Wert, während NREM-Schlaf weiterhin erhöht blieb. Insgesamt sank das Schlafbedürfnis nach der Mitte der Trächtigkeit. Im Gegensatz dazu konnten NISHINA ET AL. (1996) bei Ratten feststellen, dass die NREM-Schlafmenge durch die Trächtigkeit kaum be-

einflusst wurde. Der Anteil an REM-Schlaf sank jedoch während der Trächtigkeit signifikant, mit dem Tiefpunkt einen Tag vor der Geburt.

KARACAN ET AL. (1968) und KARACAN ET AL. (1969) konnten bei schwangeren Frauen eine erhöhte Schlaflatenz, häufigeres Erwachen und eine reduzierte Gesamtschlafzeit gegenüber nicht schwangeren Frauen beobachten. REM-Schlaf war von der Schwangerschaft nicht betroffen (KARACAN ET AL., 1968), oder der Anteil an REM am Gesamtschlaf war geringer als bei nicht schwangeren Frauen (KARACAN ET AL., 1969).

Hormone sind für die Schlafunterschiede in der Schwangerschaft verantwortlich. Östrogen und Cortisol führen zu einer Reduktion von REM-Schlaf, Prolaktin zu einer Steigerung. Progesteron, Prolaktin und luteinisierende Hormone fördern den NREM-Schlaf (SANTIAGO ET AL., 2001).

Die Laktation beeinflusst ebenfalls den Schlaf. Stillende Frauen wiesen bei Untersuchungen eine verringerte NREM- und REM-Schlafdauer auf (NISHIHARA ET AL., 2004), die Schlafeffizienz war reduziert (BLYTON ET AL., 2002) oder es kam zu einer höheren Anzahl an Wachphasen gegenüber der Schwangerschaft (SHINKODA, 1999).

2.5.2. Depression und Stress

Bei Depressionen und mentalen Krankheiten treten vermehrt Schlafprobleme auf (COSTA E SILVA, 2006). Beim Menschen führten Depressionen zur Störung der Schlafkontinuität, zur Verminderung des NREM-Schlafes und zu Veränderungen im REM-Schlaf (KUPFER UND FOSTER, 1972; ZIMMERMANN UND PFEIFFER, 2007).

Stress verursachte bei Ratten in den ersten Tagen der Stresseinwirkung eine signifikante Abnahme der REM-Schlafdauer. Weiter konnte eine Veränderung in der Schlafverteilung zwischen Tag und Nacht festgestellt werden (KANT ET AL., 1995).

2.6. Schlaf bei landwirtschaftlichen Nutztieren

RUCKEBUSCH (1972) führte bei Rindern, Schafen, Schweinen und Pferden Untersuchungen über den Anteil des Schlafes innerhalb einer 24-Stunden-Periode durch. Die Ergebnisse zeigen, dass Pferde nur in der Nacht, Rinder und Schafe hauptsächlich während der Nacht schliefen. Bei Schweinen traten auch während des Tages Schlafphasen auf (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Dauer verschiedener Wach-/Schlafstadien innerhalb einer 24-h bzw. 12/10-h Periode für landwirtschaftliche Nutztiere (RUCKEBUSCH, 1972)

| <i>Tierart</i> | <i>Periode</i> | <i>Wachen</i> | <i>Dösen</i> | <i>NREM</i> | <i>REM</i> |
|-----------------------|----------------|---------------|--------------|-------------|------------|
| <i>Pferd</i> | 24-h Periode | 19 h 13 min | 1 h 55 min | 2 h 05 min | 47 min |
| | Nacht (10 h) | 5 h 14 min | 1 h 54 min | 2 h 05 min | 47 min |
| <i>Rind</i> | 24-h Periode | 12 h 33 min | 7 h 29 min | 3 h 13 min | 45 min |
| | Nacht (12 h) | 1 h 55 min | 6 h 14 min | 3 h 06 min | 45 min |
| <i>Schaf</i> | 24-h Periode | 15 h 57 min | 4 h 12 min | 3 h 17 min | 34 min |
| | Nacht (12 h) | 5 h 58 min | 2 h 45 min | 2 h 43 min | 34 min |
| <i>Schwein</i> | 24-h Periode | 11 h 07 min | 5 h 04 min | 6 h 04 min | 1 h 45 min |
| | Nacht (12 h) | 4 h 23 min | 2 h 30 min | 3 h 52 min | 1 h 15 min |

Von den bisher untersuchten landwirtschaftlichen Nutztieren verbrachte das Schwein am meisten Zeit mit Schlafen, das Pferd am wenigsten. Die meisten REM-Phasen lagen bei Ge-

flügel vor, jedoch mit einer durchschnittlichen Dauer von nur wenigen Sekunden. Die längsten REM-Phasen zeigten Pferde. Die Anzahl an REM-Phasen war bei Schafen am geringsten (vgl. Literaturzusammenstellung in Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Schlaf- und Wachverteilung innerhalb von 24 Stunden bei landwirtschaftlichen Nutztieren

| Tierart | Literaturquelle | Anteil des jeweiligen Zustandes innerhalb einer 24 Stunden Periode | | | | Dauer REM | Anzahl an REM Schlaf |
|----------------|----------------------------|--|--------|--------|--------|-----------|----------------------|
| | | Wach | Dösen | NREM | REM | | |
| | | | | | | | |
| Schwein | ROBERT UND DALLAIRE, 1986 | 46,5 % | 15,9 % | 26,7 % | 10,9 % | 3,10 min | - |
| | RUCKEBUSCH, 1972 | 46,3 % | 21,1 % | 25,3 % | 7,3 % | 3,34 min | 33 |
| Rind | RUCKEBUSCH, 1972 | 52,3 % | 31,2 % | 13,3 % | 3,1 % | 4,05 min | 11 |
| | SEEFELD ET AL., 1972 | - | - | - | 1,8 % | 3,7 min | 7-10 |
| | RUCKEBUSCH, 1974 | - | - | 15,8 | 1,6 | 3,3 min | 7 |
| Pferd | RUCKEBUSCH, 1972 | 80,8 % | 8 % | 8,7 % | 3,3 % | 5,13 | 9 |
| Schaf | RUCKEBUSCH, 1972 | 66,5 % | 17,5 % | 13,6 % | 2,4 % | 4,51 min | 7 |
| Gans | DEWASMES ET AL., 1985 | - | - | - | 10,4 % | 5-6 sek. | 445 |
| | | Anteil des jeweiligen Zustandes innerhalb einer 10 Stunden Periode | | | | | |
| Huhn | VAN LUIJTELAAR ET AL, 1987 | 6,5 % | 19,2 % | 66,7 % | 8,3 % | 6,7 sec | 389 |

2.6.1. Schlaf beim Schwein

Das Hausschwein kann einen sehr hohen Anteil des Tages mit Schlafen und Ruhen verbringen. In Haltungssystemen ohne Einstreu und Auslauf kann es mangels Reizen zu einer Ruhezeit von 16 bis 22 Stunden täglich kommen (RUCKEBUSCH, 1972; KOLB, 1989). Im Vergleich dazu wurde für Wildschweine eine Ruhe-/Schlafzeit von 13 bis 16 Stunden beschrieben. Dieser hohe Anteil von Inaktivität innerhalb einer 24 Stunden Periode dient der Energieeinsparung, da die Tiere bei der Nahrungsaufnahme viel Energie aufwenden müssen (HÖRNING, 1999). Die Hauptruhezeit bei Schweinen liegt zwischen 20 und 6 Uhr (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984), eine zweite größere Ruhephase findet um die Mittagszeit statt (HÖRNING, 1999).

Hausschweine sind diurnale Tiere, d.h. sie sind während des Tages aktiv und schlafen in der Nacht (VON BORELL ET AL., 2002). Wenn die Tiere im Stall gehalten werden, ist es üblich, dass die Aktivitätsphasen zur Zeit der Fütterung auftreten (JENSEN, 2002). Phasen der Aktivität und Phasen des Ruhens wechseln sich bei Schweinen innerhalb des 24 Stunden Tages ab (RUCKEBUSCH UND MOREL, 1968); Schweine sind daher polyphasische Tiere (KOLB, 1989).

Das Schwein wählt gerne Ruheplätze, die Deckung gewähren und über räumliche Abgrenzungen verfügen (SAMBRAUS, 1978). Schlafplätze sollen daher geschützt sein und geschlossene Wände aufweisen (HÖRNING, 1999). Bei der Bodenbeschaffenheit spielen thermische Eigenschaften eine größere Rolle als die Verformbarkeit, die Wärmeableitung über den Boden sollte möglichst gering sein (WANDER, 1971 in BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Bevor Schweine zur Ruhe kommen, sinkt allmählich die Aktivität.

Die Tiere sind in diesem Stadium weniger reizbar (SAMBRAUS, 1978). Schweine ruhen/schlafen in liegender Stellung – es gibt die Bauch- oder die Seitenlage. Die Bauchlage ist eine Stellung von geringer Ruheintensität; das Schwein schläft entweder noch nicht oder nicht mehr (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Die Körperunterseite liegt dabei bei gestrecktem Rücken auf der Unterlage. Die Vorderbeine sind parallel zueinander nach vorne gestreckt, die Hinterextremitäten sind unter den Körper gewinkelt (HASSENBERG, 1965). Die Tiere sind noch zum sofortigen Aufsprung bereit. Bei zu tiefen Umgebungstemperaturen zeigen Schweine über längere Zeit diese Stellung (SAMBRAUS, 1978).

Die Bauch-Seitenlage ist eine Übergangsstellung zwischen der Bauch- und Seitenlage und das nächste Stadium der Entspannung. Der Vorderkörper zeigt die Haltung einer gestreckten Bauchlage, der hintere Teil des Körpers eine gestreckte Seitenlage – oder umgekehrt (HASSENBERG, 1965).

Als Zustand weitgehender beziehungsweise vollkommener Entspannung wird die Seitenlage angesehen (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Körper und Kopf liegen auf der Seite, Rücken und Hals bleiben gestreckt, die Beine sind ausgestreckt und liegen ungefähr parallel (HASSENBERG, 1965).

Auf Schlaf kann geschlossen werden, wenn Schweine nicht mehr auf leichte Umgebungsreize reagieren, und über längere Zeit die gleiche Position beibehalten (HÖRNING, 1999).

ROBERT UND DALLAIRE (1986) stellten bei zwei Monate alten Hausschweinen innerhalb einer 24 Stunden Periode 6 Stunden und 25 Minuten NREM-Schlaf und 2 Stunden 37 Minuten REM-Schlaf fest. Mit Dösen wurden durchschnittlich 3 Stunden und 50 Minuten verbracht. Im wachen Zustand verbrachten die Schweine ungefähr 11 Stunden 10 Minuten. Dösen kam während des Tages häufiger und länger vor als während der Nacht. Im Gegensatz dazu war NREM-Schlaf und REM-Schlaf während des Tages kürzer. Die durchschnittliche Dauer einer NREM-Schlafphase betrug 6,18 +/- 5,40 Minuten, einer REM-Schlafphase 3,34 +/- 2,02 Minuten und einer Phase, die mit Dösen verbracht wurde, 4,11 +/- 3,32 Minuten (Tabelle 2.2).

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch RUCKEBUSCH (1972). Er konnte bei drei Monate alten Hausschweinen innerhalb einer 24 Stunden Periode einen Anteil von 11 Stunden 7 Minuten im wachen Zustand, 5 Stunden 4 Minuten im dösenden Zustand, 6 Stunden 4 Minuten im NREM-Schlaf und 1 Stunde 45 Minuten im REM-Schlaf beobachten. Eine durchschnittliche REM-Phase dauerte 3 Minuten 10 Sekunden und es kamen 33 Perioden von REM-Schlaf vor (Tabelle 2.1 und Tabelle 2.2).

Gegenstand der Studie von LADEWIG UND ELLENDORF (1983) war der Vergleich des Schlaf-Wach-Rhythmus von kastrierten männlichen Schweinen (70-80 kg) in zwei unterschiedlichen Haltungssystemen: Freilaufbucht mit Einstreu und einstreuloser Kastenstand. Innerhalb einer 24 Stunden Periode schliefen die Schweine insgesamt 43,4 % (12,7 % REM-Schlaf), wovon 70,5 % der gesamten Schlafzeit mit NREM-Schlaf und 29,5 % mit REM-Schlaf verbracht wurde. Zwischen den Haltungsumwelten gab es nur geringe Variationen im Schlaf-Wach

Rhythmus. Im Kastenstand verbrachten die Schweine mehr Zeit mit Dösen, und befanden sich für einen geringeren Anteil der Zeit im wachen Zustand gegenüber den Schweinen in der Freilaufbucht.

Charakteristisch für den Schlaf beim Schwein ist die Verringerung des Muskeltonus, im NREM- wie auch im REM-Schlaf (RUCKEBUSCH, 1972). Es kommt zur Erschlaffung des Körpers, was man besonders gut beim Aufheben eines Ferkels mit der Hand beobachten kann (KOTRABÁČEK UND HÖNIG, 1989a).

Ein schlafendes Ferkel, das sich gerade im REM-Schlaf befindet, kann mit der Hand hochgehoben werden, ohne zu erwachen. Die Muskelentspannung ist gut zu erkennen (Abbildung 2.4). Auch bei ausgewachsenen Schweinen kann diese Muskelentspannung beobachtet werden (FRASER UND BROOM, 1997).



Abbildung 2.4: REM-Schlaf beim Ferkel: der verringerte Muskeltonus ist gut erkennbar.

Während des REM-Schlafes treten beim Schwein Zuckungen an Rüssel, Ohren und Extremitäten auf, und die Atmung wird unregelmäßig (RUCKEBUSCH UND MOREL, 1968; KOTRABÁČEK UND HÖNIG, 1989a; KOTRABÁČEK, 1991). Die Augen des Schweines sind während des NREM- und REM-Schlafes geschlossen (RUCKEBUSCH, 1972).

2.6.2. Schlaf beim Rind

Rinder verbringen etwa vier Stunden täglich mit Schlafen (RUCKEBUSCH, 1972). Das Schlafverhalten ist davon abhängig, ob die Tiere im Stall oder auf der Weide gehalten werden. Der Aktivitätsrhythmus im Stall wird durch die Fütterung bestimmt (SAMBRAUS, 1978). Im Stall gehaltene Rinder schlafen hauptsächlich nachts (RUCKEBUSCH, 1974; KOLB, 1989). Bei Rindern, die auf der Weide gehalten werden, wechseln sich Futtersuche/-aufnahme und Ruhe-/Schlafphasen im Verlauf des Tages ab (RUCKEBUSCH, 1984). Die Tiere bevorzugen Flächen mit lockerem und steinarmen Grund als Schlafplatz. In Laufställen werden Plätze bevorzugt, auf denen der Verformungswiderstand des Bodenmaterials möglichst gering ist, wie das bei Stroh, Sand oder Sägemehl der Fall ist (SAMBRAUS, 1978). Rinder gehören zu den lichtaktiven Tieren (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984; RIST, 1999) und zeigen ursprünglich ein polyphasisches Schlafmuster (BALCH, 1955).

Rinder ruhen/schlafen meist in der Bauchlage, mit im Karpalgelenk untergeschlagenen Vorderbeinen (SAMBRAUS, 1978). Die Seitenlage wird von ausgewachsenen Rindern seltener eingenommen (BALCH, 1955; BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Dies wird auf die mangelhafte Tätigkeit des Pansens in dieser Stellung zurückgeführt (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Die charakteristische REM-Schlafposition beim Rind ist das Zurücklegen des Kopfes auf die Flanke (Milchfieberlage) (SEEFELD ET AL., 1972; RUCKEBUSCH ET AL., 1974; RUCKEBUSCH,

1984). Rinder können während des Stehens in den NREM-Schlaf fallen. REM-Schlaf wird allerdings nur im Liegen gezeigt (RUCKEBUSCH, 1974, 1975).

RUCKEBUSCH (1972) konnte bei Rindern innerhalb einer 24-Stunden-Periode durchschnittlich 12 Stunden 33 Minuten wachen Zustand, 7 Stunden 29 Minuten Dösen, 3 Stunden 13 Minuten NREM-Schlaf und 45 Minuten REM-Schlaf beobachten. Die Dauer einer durchschnittlichen REM-Schlafphase betrug 4 Minuten 5 Sekunden und innerhalb eines 24 Stunden Zeitraums kamen durchschnittlich 11 REM-Schlafperioden vor (Tabelle 2.1). RUCKEBUSCH (1974) und SEEFELD ET AL. (1972) kamen zu ähnlichen Ergebnissen (Tabelle 2.2).

Die Verlangsamung der Pansenkontraktionen und das Fehlen des Ruktus während der REM-Phasen limitieren diesen (RUCKEBUSCH, 1984) und sind wahrscheinlich der Grund, warum Wiederkäuer wenig REM-Schlaf zeigen.

Bei einem Vergleich von Stall- und Weidehaltung konnte beobachtet werden, dass in der Stallhaltung nur während der Nachtstunden REM-Schlaf auftrat. Auf der Weide kamen hingegen auch während des Tages REM-Phasen vor (RUCKEBUSCH, 1974), wenn die Rinder an ihre Umgebung gewöhnt waren (RUCKEBUSCH, 1975). Allerdings war die REM-Schlafdauer auf der Weide kürzer als im Stall. Im Stall vergrößerte sich die REM-Schlafdauer, aufgrund der größeren Sicherheit des Schlafplatzes, um bis zu 50 % gegenüber der Schlafdauer auf der Weide (RUCKEBUSCH, 1984).

TOUTAIN UND RUCKEBUSCH (1973) konnten bei Rindern in Stallhaltung feststellen, dass sich bei der Substitution von frischem Gras durch Heu die REM-Schlafdauer um bis zu 100 % erhöhte. Umgekehrt änderte sich die REM-Schlafdauer auf der Weide durch die Substitution von Heu durch Gras nicht.

Charakteristische Merkmale während des REM-Schlafes bei Rindern sind der Verlust des Muskeltonus (RUCKEBUSCH, 1972) und Zuckungen an Ohren, Gesicht und Extremitäten (RUCKEBUSCH UND BELL, 1970). Die Augen sind beim NREM-Schlaf fast geschlossen und beim REM-Schlaf ganz geschlossen. Auffallend beim Rind ist die markante Reduktion der Herzfrequenz beim Übergang vom NREM- zum REM-Schlaf (RUCKEBUSCH, 1972).

2.6.3. Schlaf beim Pferd

Bei Pferden beträgt die Gesamtdauer der Ruhe-/Schlafphasen 7-9 Stunden pro Tag (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Schlaf beansprucht davon ungefähr 3 Stunden (RUCKEBUSCH, 1972). Pferde können sowohl im Stehen als auch im Liegen ruhen/schlafen (SAMBRAUS, 1978; KOLB, 1989).

Die Aktivität von Pferden unterliegt einer circadianen Periodik. Die Hauptaktivitätszeiten liegen in den Nacht- und frühen Morgenstunden (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984). Aktivitätsphasen sind aber auch am frühen Vormittag und späten Nachmittag möglich (SAMBRAUS, 1978).

Pferde sind polyphasische Tiere - 95 % der Pferde haben zwei oder mehr Ruhe- und Schlafperioden verteilt auf den Tag (LITTLEJOHN, 1972).

Die Tiere suchen zum Schlafen einen übersichtlichen, trockenen Ort auf. Zum längeren Dösen werden schattenspendende Bäume oder Weidehütten aufgesucht (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984).

NREM-Schlaf tritt beim Pferd in der Bauchlage (RUCKEBUSCH ET AL., 1970) oder in der Seitenlage auf (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974a). Der Kopf kann dabei auf den Boden aufgestützt sein (RUCKEBUSCH ET AL., 1970) oder nicht (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974b). NREM-Schlaf kann auch im Stehen auftreten (RUCKEBUSCH ET AL., 1970; WÖHR UND ERHARD, 2006).

REM-Schlaf kann sowohl in der Seitenlage (RUCKEBUSCH ET AL., 1970; DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974a; WÖHR UND ERHARD, 2006) als auch in der Bauchlage vorkommen (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974a,b; WÖHR UND ERHARD, 2006).

Pferde verbringen durchschnittlich 19 Stunden 13 Minuten im wachen Zustand, 1 Stunde 55 mit Dösen, 2 Stunden 5 Minuten im NREM-Schlaf und 47 Minuten im REM-Schlaf innerhalb einer 24 Stunden Periode (RUCKEBUSCH, 1972) (Tabelle 2.1).

Bei Haltung im Stall schlafen Pferde nur nachts (RUCKEBUSCH, 1972; SAMBRAUS, 1978). Die Hauptruhezeit ist nach Mitternacht (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974a). Die erste REM-Schlafphase kommt um Mitternacht vor (RUCKEBUSCH ET AL., 1970; RUCKEBUSCH, 1972, 1975).

Auf der Weide verbringen die Tiere einen geringeren Anteil der Zeit mit Schlafen. Besonders die REM-Schlafdauer ist davon betroffen und kann unter Weidebedingungen um bis zu 30 % gegenüber der Stallhaltung reduziert sein (RUCKEBUSCH, 1975).

Die Schlafdauer kann durch die Fütterung beeinflusst werden. Ponys, denen Heu durch Hafer ersetzt wurde, zeigten einen Anstieg der Gesamtschlafdauer um 20 %. Zu einer erhöhten Schlafdauer kam es auch während des Fastens (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974a).

Charakteristische Merkmale von REM-Schlaf bei Pferden sind Bewegungen der Ohren, der Vorderextremitäten, Zuckungen der Unterlippe und gelegentliches Wiehern (DALLAIRE UND RUCKEBUSCH, 1974b). Während des REM-Schlafes sind die Augen des Pferdes vollkommen geschlossen, während diese beim NREM-Schlaf nur fast geschlossen sind. Weiterhin kann eine Absenkung der Atmungs- und Herzfrequenz beobachtet werden (RUCKEBUSCH, 1972).

2.6.4. Schlaf bei Geflügel

Hühner verbringen unter Bodenhaltungsbedingungen ca. 56 % des Tages ruhend (SAMBRAUS, 1978). Das Aktivitäts- und Ruheverhalten richtet sich nach den Lichtverhältnissen. Etwa 30 – 60 Minuten vor Sonnenaufgang wird der Stall verlassen und ungefähr 30 Minuten vor der Dämmerung wieder aufgesucht (BOGNER UND GRAUVOGL, 1984).

Geflügel sind Beutetiere und schlafen daher gerne auf erhöhten Plätzen, wie z.B. Bäumen oder Sitzstangen, die einen gewissen Schutz vor Räubern bieten. Das Ruhen und Schlafen kann sowohl auf beiden Beinen, als auch auf einem Bein stehend erfolgen. Auch in sitzender Haltung wird ausgeruht. In diesen drei Stellungen wird auch geschlafen, wobei dazu bevorzugt ein erhöhter Platz aufgesucht und häufig der Kopf unter einen Flügel gesteckt wird. Bleiben die Augenlider dabei nur wenige Sekunden geschlossen, wird von Dösen gesprochen. Dieser leichte Schlaf kann zu jeder Tageszeit erfolgen (FÖLSCH UND HOFFMANN, 1999).

VAN LUIJTELAAR ET AL. (1987) konnten bei Hühnern in Käfighaltung während einer 10-stündigen Dunkelperiode beobachten, dass diese durchschnittlich 1 Stunde mit Aktivität, 1 Stunde 55 Minuten mit Dösen und 7 Stunden 49 Minuten der Zeit mit Schlafen verbrachten. Der Anteil an REM-Schlaf an der gesamten Schlafzeit betrug durchschnittlich 1 Stunde. Es konnten 389 Perioden von REM-Schlaf mit einer durchschnittlichen Dauer von 6,7 Sekunden beobachtet werden (Tabelle 2.2).

HISHIKAWA ET AL. (1969) stellten fest, dass der Anteil von REM-Schlaf am Gesamtschlaf bei Hühnern ca. 7,3 % betrug, mit einer durchschnittlichen Dauer von 6–8 Sekunden. OOKAWA UND GOTOH (1964) berichten von einer durchschnittlichen Dauer von 6 Sekunden pro REM-Schlafphase. Eine NREM-Phase dauerte bei den Untersuchungen von HISHIKAWA ET AL. (1969) durchschnittlich 6 Minuten.

REM-Schlaf trat bei Hühnern unregelmäßig und nur nach vorhergehender NREM-Phase auf. Er konnte sowohl im Stehen als auch im Sitzen beobachtet werden (HISHIKAWA ET AL., 1969).

Auch bei Gänsen kann der Schlaf in NREM und REM eingeteilt werden. DEWASMES ET AL. (1985) stellten bei Gänsen eine NREM-Schlaf-Dauer von 6 Stunden 40 Minuten und eine

REM-Schlaf-Dauer von 40 Minuten innerhalb einer 24 Stunden Periode fest. Die durchschnittliche Dauer einer REM-Phase betrug 5-6 Sekunden. Innerhalb einer 24-Stunden Periode kamen 445 REM-Episoden vor. Der Anteil von REM-Schlaf am Gesamtschlaf betrug durchschnittlich 2,8 %.

Die kurze Dauer des REM-Schlafes bei Vögeln lässt darauf schließen, dass dieser nicht so gut ausgebildet ist wie bei Säugetieren (VAN LUIJTELAAR ET AL., 1987).

VAN LUIJTELAAR ET AL. (1987) konnten beim Huhn keine Verringerung des Muskeltonus und auch keine Muskelzuckungen während des REM-Schlafes feststellen. Im Gegensatz dazu beobachteten HISHIKAWA ET AL. (1969) und OOKAWA UND GOTOH (1964) einen verringerten Muskeltonus – vor allem in der Nackenmuskulatur - in der REM-Schlafphase. DEWASMES ET AL. (1985) stellten bei Gänsen ebenfalls einen Verlust des Muskeltonus fest.

2.7. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

2.7.1. Physiologische Grundlagen

Unter der Herzfrequenz (engl.: Heart Rate = HR) versteht man die Anzahl Herzschläge pro Minute. Die Aktivität eines gesunden Herzens ist durch unregelmäßige Intervalle zwischen aufeinander folgenden Herzschlägen (R-R-Intervalle) gekennzeichnet. Dieses Phänomen wird als Herzfrequenzvariabilität (engl.: Heart Rate Variability = HRV) bezeichnet (BACHMANN, 2002). Die HRV wird von der HR beeinflusst (COUMEL ET AL., 1995).

HR-Messungen sind nach BROOM UND JOHNSON (1993) nur dazu geeignet, das Wohlbefinden von Tieren im Kurzzeitbereich zu messen, haben aber wenig Aussagekraft, wenn Langzeitbedingungen, wie Haltungsumwelten, verglichen werden. Die HRV ist geeigneter um physiologische, psychologische oder umweltbedingte Belastungen zu beschreiben (MOHR ET AL., 2002). Dennoch sollten die beiden Parameter nicht getrennt voneinander betrachtet werden, da das autonome Nervensystem sowohl die HR als auch die HRV beeinflusst (COUMEL ET AL., 1995).

Die HR repräsentiert die Aktivität der beiden Antagonisten Sympathikus und Parasympathikus. Der Sympathikus lässt die HR steigen, der Parasympathikus (Vagus) senkt die HR (HAINSWORTH, 1995; ENGELHARDT UND BREVES, 2000; MESENGEAU ET AL., 2000). Die Auswirkungen der Antagonisten auf die HR wird als sympathovagale Balance bezeichnet (HAINSWORTH, 1995). Die HRV kann zur Analyse der sympathovagalen Balance herangezogen werden. Änderungen in dieser Balance können auf Krankheiten oder Stress hinweisen (MOHR ET AL., 2002; VON BORELL ET AL., 2007) und lassen Aussagen über individuelle Charakteristika wie z.B. Temperament oder Coping-Strategien zu (VON BORELL ET AL., 2007).

2.7.2. Methoden der HRV-Analyse

In dieser Studie erfolgte die Analyse der HRV in der zeitbezogenen, frequenzbezogenen und geometrischen Domäne (Tabelle 2.3).

2.7.2.1. Zeit Domäne

Die einfachste Methode, um Variationen in der HRV festzustellen, sind Analysen im zeitbezogenen Bereich (BIGGER ET AL., 1996; WITTE, 2001). Alle Variablen der Zeit-Domäne korrelieren positiv miteinander. Die Auswertung der HRV erfolgt mit Hilfe des Parameters RMSSD, der zur Abschätzung der HRV-Komponenten bei Kurzzeit-Messungen dient, und Änderungen im autonomen Nervensystem reflektiert, die vorwiegend durch den Parasympathikus verursacht wurden (KLEIGER ET AL., 1995).

2.7.2.2. Frequenz Domäne

In der frequenzbezogenen Analyse können drei Bereiche unterschieden werden:

- a) Der niederfrequente (very low frequency=VLF) Bereich ($\leq 0,04$ Hz): Es wird angenommen, dass der niederfrequente Bereich durch thermoregulatorische Prozesse sowie humorale Einflüsse des Renin-Angiotensin-Systems beeinflusst wird (CERUTTI ET AL., 1995; BREITENBACH, 2003).
- b) Der mittelfrequente (low frequency=LF) Bereich ist bei ausgewachsenen Schweinen durch die Frequenz von 0,04 bis 0,13 Hz begrenzt (VON BORELL ET AL., 2007). Dieser Bereich kann sowohl vom Sympathikus als auch vom Parasympathikus beeinflusst werden. Ein Anstieg im LF-Bereich deutet auf eine Zunahme der sympathischen Aktivität hin. Der LF-Bereich wird zur Bestimmung der sympathischen Aktivität herangezogen (MALLIANI ET AL., 1991; CERUTTI ET AL., 1995; BREITENBACH, 2003).
- c) Der hochfrequente (high frequency=HF) Bereich ist bei ausgewachsenen Schweinen durch die Frequenz von 0,13 bis 0,41 Hz begrenzt (VON BORELL ET AL., 2007). Der HF-Bereich wird größtenteils vom Nervus vagus beeinflusst. Dieser Bereich kann daher zur Bestimmung der parasympathischen Aktivität herangezogen werden (MALLIANI ET AL., 1991; CERUTTI ET AL., 1995; BREITENBACH, 2003).

Die mittel- und hochfrequente Analyse der HRV ist geeignet, um die sympathovagalen Balance zu quantifizieren (SCHOLZ ET AL., 1997; RIETMANN ET AL., 2004). Ebenso kann das Verhältnis LF/HF zur Messung der sympathovagalen Balance herangezogen werden (AKSELROD, 1995). Die Messung im frequenzbezogenen Bereich ist eine geeignete Methode, um Aussagen über Stress oder Wohlbefinden von Tieren zu gewinnen (KUWAHARA ET AL., 2004).

2.7.2.3. Geometrische Domäne

Hierbei werden aufeinander folgende R-R-Intervalle in ein geometrisches Muster umgewandelt. Ein Beispiel für geometrische Methoden ist der Poincaré Plot (BREITENBACH, 2003). Der Poincaré Plot ist die graphische Darstellung aller R-R-Intervalle eines Zeitraumes als Funktion des jeweils vorangegangenen R-R-Intervalls (MALIK, 1995). Aus diesem Plot kann der Parameter SD 1 berechnet werden, welcher in Ruhe mit der HF-Leistungsfähigkeit korreliert. Der Poincaré Plot liefert so Informationen über vagale Modulationen in den R-R-Intervallen (TULPPO ET AL., 1996).

Tabelle 2.3: Beschreibung der HRV Parameter in den verschiedenen Domänen

| <i>Variable</i> | <i>Einheit</i> | <i>Beschreibung</i> |
|-----------------|----------------|--|
| | | Zeit Domäne |
| HR | 1/min | Mittlere Herzfrequenz |
| RMSSD | ms | Durchschnitt der Quadratwurzel aufeinanderfolgender R-R-Intervall-Differenzen. |
| | | Frequenz Domäne |
| LF, HF | n.u. | Leistungsfähigkeit für LF und HF im normalisierten Frequenzbereich. |
| LF/HF | % | Verhältnis von LF und HF Frequenzbereichen |

| | | |
|-------------|----|---|
| | | Geometrische Domäne |
| SD 1 | ms | Standardabweichung der unmittelbaren R-R-Kurzzeitvariabilität |

2.7.3. Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

2.7.3.1. Schlaf

Im Übergang vom Wachsein zum Schlaf kommt es zu einer Zunahme des parasympathischen Einflusses, begleitet von einer Abnahme des sympathischen Einflusses. Die Verlangsamung der HR während des Schlafens ist auf eine Zunahme des parasympathischen Einflusses zurückzuführen (KOELLA, 1973).

NREM-Schlaf ist durch das Vorherrschen des Parasympathikus charakterisiert, während beim REM-Schlaf der Sympathikus überwiegt und der Parasympathikus nur phasenweise auftritt (PARMEGGIANI, 2005). Im REM-Schlaf kann es entweder zu einer Erhöhung des sympathischen Einflusses kommen (BONNET UND ARAND, 1997; SCHOLZ ET AL., 1997; FERRI ET AL., 2000; TSUNODA ET AL., 2001) oder der sympathische Einfluss bleibt konstant, während der parasympathische Einfluss sinkt, und dem Wert des Wachzustandes ähnlich wird (VANOLI ET AL., 1995). Während des REM-Schlafes verursacht der Wechsel von Sympathikus und Parasympathikus Beschleunigungen und Verlangsamungen in der HR (VERRIER ET AL., 2005). Normalerweise liegt während des REM-Schlafes eine höhere HR vor als im NREM-Schlaf (ALDREDGE UND WELCH, 1973).

2.7.3.2. Psychischer und Physischer Stress

MCCRATY ET AL. (1995) stellten beim Menschen bei negativen Emotionen Erhöhungen in der sympathovagalen Balance fest, was auf einen höheren sympathischen Einfluss zurückzuführen ist, während bei positiven Emotionen keine signifikanten Unterschieden in der sympathovagalen Balance festzustellen waren. Die negativen Emotionen führten zu einer Steigerung in der HR, während es bei den positiven Emotionen zu keinen Änderungen in der HR kam. Wenn Menschen akuten Stress ausgesetzt waren, konnten HALL ET AL. (2004) während des Schlafens Verringerungen im Parasympathikus gegenüber nicht gestressten Menschen feststellen. Mentaler Stress hingegen verursachte Erhöhungen in der HR und beim Sympathikus (BERNARDI ET AL., 2000).

Bei Pferden verursachte mentaler Stress ebenfalls Erhöhungen in der HR. Bei den Parametern der HRV machte sich ein Ansteigen des Sympathikus und ein Absenken des Parasympathikus bemerkbar (RIETMANN ET AL., 2004). Bei Kälbern, die externen oder internen Stressoren ausgesetzt wurden, erhöhte sich die HR signifikant gegenüber dem stressfreien Zustand. In der HRV konnten ebenfalls signifikante Unterschiede festgestellt werden – der Parasympathikus sank, der Sympathikus stieg bei der Auseinandersetzung mit externem oder endogenem Stress (MOHR ET AL., 2002). DE JONG ET AL. (2000) konnten bei sozialen Auseinandersetzungen zwischen Schweinen einen signifikanten Anstieg der HR beobachten, jedoch keine Unterschiede in der HRV.

Die Trächtigkeit und Laktation ist mit großen physischen, physiologischen und verhaltensbedingten Veränderungen verbunden. Deshalb ist eine Veränderung in der HR und HRV denkbar. MARCHANT-FORDE UND MARCHANT-FORDE (2004) konnten bei Sauen feststellen, dass mit fortschreitender Trächtigkeit die HR anstieg. Gleichzeitig machten sich in der HRV ein Ansteigen des Sympathikus und ein Absinken des Parasympathikus bemerkbar. Beim Vergleich von laktierenden mit nicht-laktierenden Kühen wurde dagegen kein signifikanter Unterschied in der HR und HRV festgestellt (MOHR ET AL., 2002).

2.7.3.3. Haltungssystem

BOYLE ET AL. (2000) und HARRIS ET AL. (2006) stellten keinen signifikanten Einfluss der Haltungssystem während der Trächtigkeit – Einzel- beziehungsweise Gruppenhaltung - auf die HR fest. MERCHANT ET AL. (1997) und MERCHANT UND RUDD (1993) kamen bei ihren Untersuchungen jedoch zum Ergebnis, dass tragende Sauen in Kastenständen höhere basale HR aufwiesen als Sauen, die in Gruppen gehalten wurden.

In einer Studie von DAMM ET AL. (2003) wurde die HR von Sauen einige Stunden vor dem Abferkeln in Kastenständen und Freilaufbuchten verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Sauen in den Freilaufbuchten kurz vor der Geburt signifikant niedrigere HR aufwiesen, als die Sauen in den Kastenständen. In einer Untersuchung von SCHOUTEN ET AL. (1991) zeigten angebundene Sauen im Vergleich zu Sauen in Freilaufbuchten während der Fütterung eine höhere HR.

3. Tiere, Material und Methoden

3.1. Versuchsstall

Die Untersuchungen wurden vom September 2006 bis Oktober 2006 im Forschungs- und Bildungsstall für Schweinehaltung in Gießhübl (Bezirk Amstetten, Niederösterreich) durchgeführt.

Im Betrieb werden ca. 600 produktive Zuchtsauen unterschiedlicher genetischer Herkunft gehalten. Der Bestand setzte sich zum Zeitpunkt der Untersuchung folgendermaßen zusammen:

- Landrasse (ca. 5 %)
- Edelschwein x Landrasse (15 %)
- Edelschwein x Landrasse x weißer Duroc (80 %).

Abbildung 3.1 zeigt den Grundriss des Abferkelbereichs. Dieser Bereich besteht aus drei räumlich getrennten Kammern mit insgesamt 10 Reihen. 8-12 Buchten pro Reihe ergeben insgesamt 109 Abferkelplätze. Jede Reihe ist mit einer unterschiedlichen Bucht ausgestattet.

Bei den Buchten FAT 2, Jyden und Ikadan 1 handelt es sich um Freilaufbuchten, bei den restlichen sieben Buchten (Stallmax Dreikant, Stallmax Guss, Stewa schmal, Ikadan 2, Stewa Standard, Hörmann Standard, Liftbucht) sind die Sauen in einem Kastenstand fixiert. Die Systeme unterscheiden sich daher hinsichtlich Einstreu, Buchtengröße, Buchtenstrukturierung, Kastenstandgestaltung und Anordnung des Ferkelnestes. Tabelle 3.1 zeigt einen Überblick über die untersuchten Buchten-Typen.

Der Betrieb produziert im 4-Wochenrhythmus. Die produktiven Zuchtsauen werden in 5 Gruppen gehalten, d.h. auf eine Gruppe entfallen ca. 120 Sauen.

Die hochtragenden Sauen werden ca. eine Woche vor dem geplanten Abferkeltermin eingestallt. Nach dreiwöchiger Säugezeit werden die Ferkel abgesetzt und die Sauen wieder ausgestallt.

Die Sauen werden bis eine Woche vor dem geplanten Abferkeltermin in Gruppen im Wartestall gehalten und 5 Tage nach dem Absetzen erneut belegt. Beim Wartestall handelte es sich um eine 2-Flächen-Tiefstreubucht mit Einzelfressständen. Im Wartestall wurden die Sauen in 8 Gruppen zu je ca. 60 Tiere gehalten.

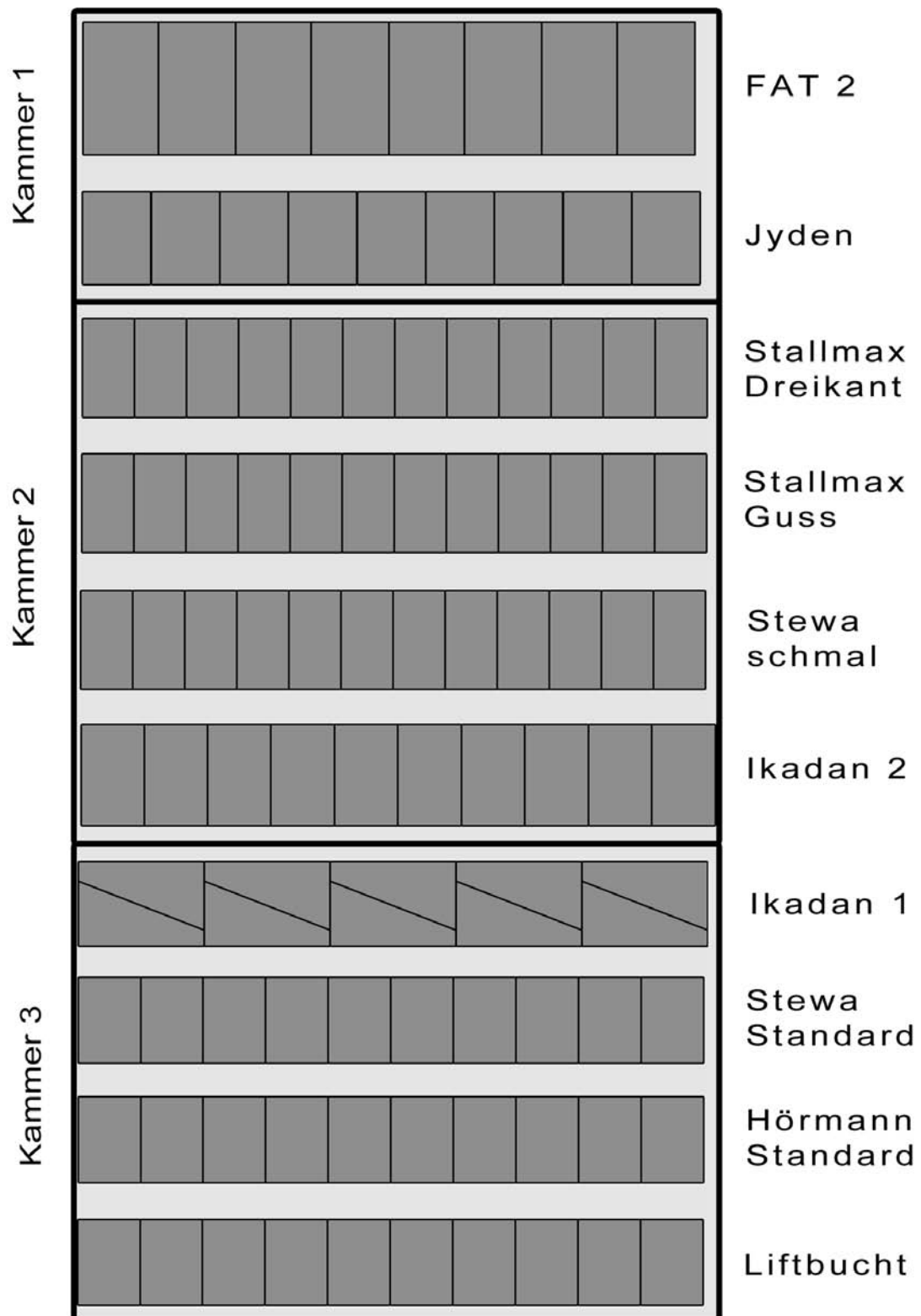

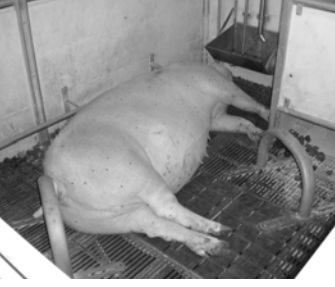
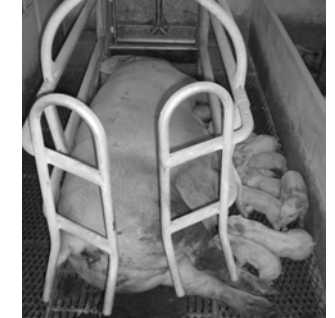



Abbildung 3.1: Grundriss des Abferkelbereiches (vereinfacht)

Tabelle 3.1: Kurzbeschreibung der untersuchten Abferkelsysteme (BAUMGARTNER ET AL., 2005; verändert)

| | | | |
|---|---|---|--|
|  | <p>Buchtbezeichnung: Buchtgröße: Planbefestigte Fläche: Boden unter Sau: Boden Buchtrest: Boden Ferkelnest:</p> | <p>FAT 2 3,8 x 2,2 70 % - Estrich Estrich- Fußbodenheizung</p> | <p>Abferkelbucht für freie Sau mit separatem Kotplatz</p> |
|  | <p>Buchtbezeichnung: Buchtgröße: Planbefestigte Fläche: Boden unter Sau: Boden Buchtrest: Boden Ferkelnest:</p> | <p>Jyden 2,6 x 1,95 30 % - Kunststoff-Guss-Mix Kunststoff</p> | <p>Abferkelbucht für freie Sau ohne separaten Kotplatz</p> |
|  | <p>Buchtbezeichnung: Buchtgröße: Planbefestigte Fläche: Boden unter Sau: Boden Buchtrest: Boden Ferkelnest:</p> | <p>STEWA schmal 2,8 x 1,45 30 % Gussrost Stahl kunststoffummantelt Estrich- Fußbodenheizung</p> | <p>Abferkelbucht mit Sauenkäfig</p> |
|  | <p>Buchtbezeichnung: Buchtgröße: Planbefestigte Fläche: Boden unter Sau: Boden Buchtrest: Boden Ferkelnest:</p> | <p>Ikadan 2 5 m² ca. 30 % gummiert geschlossen Kunststoff-Rost Kunststoff</p> | <p>Abferkelbucht mit Sauenkäfig</p> |

Im Folgenden werden die Abferkelbuchten aus Gründen der Übersichtlichkeit als:

- Freilaufsystem I (FS I) = FAT 2
- Freilaufsystem II (FS II) = Jyden
- Kastenstandsystem I (KS I) = Stewa schmal
- Kastenstandsystem II (KS II) = Ikadan 2

bezeichnet.

3.1.1. Fütterung

Die Sauen wurden flüssig gefüttert; das Verhältnis Futter:Wasser betrug ca. 1:3. Als Grundfutter erhielten die Tiere Mais, Brotabfälle, Soja, Mineralstoffe und Spurenelemente (zusammen 3 %) und zusätzlich Rohfaserkomponenten ab der Geburt.

Im hochtragenden Zustand und während der ersten Woche der Laktation bekamen die Sauen einmal täglich Futter. Ab der zweiten Laktationswoche (Montag) wurden die Tiere zweimal täglich gefüttert.

Die einmalige Fütterung fand zwischen 7.50 Uhr und 9.30 Uhr statt; an zwei Erhebungstagen erfolgte sie zwischen 13.30 Uhr und 15.30 Uhr. Wenn die Sauen zweimal gefüttert wurden, fand eine Morgen- und Abendfütterung statt. Morgens wurde zwischen 8.00 Uhr und 9.30 Uhr und abends zwischen 17.30 und 19.30 gefüttert. An einem Erhebungstag fand die Abendfütterung zwischen 22.00 Uhr und 23.00 Uhr statt.

3.1.2. Licht-/Dunkelphase

Die Lichtphase dauerte durchschnittlich 13 Stunden, die Dunkelphase 11 Stunden. Am Morgen wurde das Licht zwischen 7.00 Uhr und 8.00 Uhr eingeschaltet und zwischen 19.30 Uhr und 21.00 Uhr ausgeschaltet. Wie bei der Fütterung erwähnt, ergab sich an wenigen Tagen eine Änderung dieser Routine. An zwei Tagen begann der Lichttag um 10.00 Uhr bzw. um 11.30 Uhr; an einem Tag begann die Dunkelphase erst um 23.15 Uhr.

3.1.3. Raumtemperatur - Schadgaskonzentration

Die Klimatisierung des Abferkelbereiches erfolgte über eine Porenlüftung. In Kammer 1, wo sich FS I und FS II befanden, betrug die Durchschnittstemperatur im September 23,5 °C und im Oktober 22,3 °C. KS I und KS II befanden sich in Kammer 2, wo die Durchschnittstemperatur im September bei 25,4 °C und im Oktober bei 21,6 °C lag.

Die durchschnittliche Schadgaskonzentration im September und Oktober 2006 enthält Tabelle 3.2.

Tabelle 3.2: Schadgaskonzentrationen im Tierbereich während der Untersuchungen (Durchschnittswerte)

| | CO_2 (Vol %) | NH_3 (ppm) | H_2S (ppm) |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|
| Kammer 1 | 869 | 0,63 | 0 |
| Kammer 2 | 994 | 4,82 | 0 |

3.2. Datenerhebung

3.2.1. Bestimmung der Schlafphase anhand von ethologischen Kriterien

Die Untersuchungen erfolgten im September und Oktober 2006. Insgesamt wurde das Verhalten von 8 Tieren je Abferkelbuchtsystem FS I, FS II, KS I und KS II untersucht. Je Monat wurden 16 Sauen beobachtet – 4 pro Abferkelbucht.

Die Datenaufnahme erfolgte während zwei unterschiedlicher physiologischer Zustände der Sauen:

- Durchgang 1: **Hochtragende Sauen** wurden an zwei aufeinander folgenden Tagen, ca. 4-5 Tage vor dem Abferkeln, beobachtet (ein Durchgang im September, ein Durchgang im Oktober)

- Durchgang 2: **Laktierende Sauen** wurden an zwei aufeinander folgenden Tagen beobachtet. Die Ferkel waren zu diesem Zeitpunkt zwischen 8 und 13 Tage alt (ein Durchgang im September, ein Durchgang im Oktober).

Beobachtungszeit war bei beiden Durchgängen von 22.00 Uhr bis 04.00 Uhr. Die Beobachtungen wurden von der Autorin selbst durchgeführt.

Im Oktober wurden vier Sauen in der Abferkelbucht FS II und eine Sau in der Abferkelbucht FS I eingestallt, die erst im nächsten Monat abferkelten. Diese Sauen wurden lediglich im tragenden Zustand beobachtet.

Die Datenaufnahme erfolgte mittels Direktbeobachtung durch Scan Sampling sowie intermittierende kontinuierliche Verhaltenszählung für je eine Minute, im Abstand von 18 Minuten. Je Beobachtungstag lagen pro Sau 18 Beobachtungen vor. Von 22.00 Uhr bis 01.45 Uhr wurden 12 Beobachtungen durchgeführt - von 02:15 Uhr bis 04:00 wurden 6 Beobachtungen durchgeführt.

Das Erhebungsprotokoll war so gestaltet, dass es zwei aufeinander folgende Beobachtungsdurchgänge in Kammer 1 gab (FS I - FS II - FS I - FS II), dann wurde die Kammer gewechselt. In Kammer 2 wurden ebenfalls zwei aufeinander folgende Beobachtungsdurchgänge durchgeführt (KS I – KS II – KS I – KS II). Dann wurde wieder in Kammer 1 gewechselt etc.

Am ersten Beobachtungstag eines Durchganges war die Reihenfolge der Datenaufnahme: FS I, FS II, KS I, KS II. Am zweiten Beobachtungstag war die Reihenfolge der Datenaufnahme: KS II, KS I, FS II, FS I.

Zur Datenaufnahme diente ein Formular. Zunächst wurden die Liegeposition sowie die Bein- und Kopfstellung mittels Scan Sampling aufgenommen. Die Anzahl der Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel, Augen und Rumpf wurde dann für 45 Sekunden kontinuierlich beobachtet. Zur Zeitmessung diente eine Stoppuhr. Ebenfalls notiert wurde, ob während der Beobachtungszeit Säugen auftrat (Abbildung 3.2, Tabelle 3.3).

Tabelle 3.3: Definitionen der aufgenommenen Parameter

| Aufgenommene Parameter | Merkmale |
|-------------------------------|---|
| Liegen | <p><u>Seite links/rechts</u> (BAUMGARTNER ET AL., 2005):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kopf liegt seitlich auf dem Boden auf - alle 4 Extremitäten sind auf eine Seite gestreckt oder mind. 3 Extremitäten sind sichtbar und auf eine Seite gestreckt - mind. eine Gesäugeleiste ist vollständig sichtbar - Abwinkelung in den Gelenken ist möglich - die gesamte Rückenlinie verläuft parallel zum Boden <p><u>Brust-/Halbseitenlage</u> (BAUMGARTNER ET AL., 2005):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorderextremitäten sind unterschlagen oder nach vorne gestreckt - Hinterextremitäten sind unterschlagen oder zur Seite gestreckt - Gesäugeleiste ist nicht oder nur teilweise sichtbar - Neigung der Rückenlinie gibt links/rechts Lage an <p><u>Bauchlage</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorderextremitäten sind parallel zueinander nach vorne gestreckt - Hinterextremitäten sind unter den Körper gewinkelt - Gesäugeleiste ist nicht sichtbar |
| Liegeposition | Rückenlinie gerade oder gekrümmt |
| Beinstellung | Anzahl der Extremitäten die ausgestreckt, angewinkelt oder durch Strukturen beeinträchtigt sind |
| Kopfstellung | <p><u>Gegen Struktur</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abstand der Rüsselscheibe $\leq 0,5$ cm gegen eine Struktur <p><u>Freie Kopfstellung</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kopf liegt frei |
| Augen | Offen, geschlossen oder nicht sichtbar |
| Säugen | Ja oder nein |
| Zuckungen | An Gliedmaßen, Rüssel, Augen oder/und Rumpf; jede Zuckung wird als ein Event notiert; handelt es sich um länger andauernde Zuckungen, wird ein Zeitraum von 2 Sekunden als ein Event angenommen. Das gleichzeitige Bewegen von Extremitäten wird als ein Event notiert. |

Anhand der Verhaltensparameter wurden vier verschiedene Zustände unterschieden:

- Stehen/Aktivität: Die Sau ist aktiv, egal welcher Art, z.B. Trinken, Fressen, Wühlen usw.
- Wachen/Liegen: Die Sau liegt, sie schläft aber nicht, sie hat z.B. offene Augen, dreht die Ohren auf Geräusch usw.
- NREM–Schlaf: Die Sau liegt ruhig in Seitenlage, die Atmung ist gleichmäßig.

- REM–Schlaf: Es kommt zu Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel, Augen und/oder Rumpf.

Die Daten wurden in Excel-Datenblätter übertragen. Die Anzahl der Zuckungen an Körper, Augen und Gliedmaßen wurde zu einem Gesamtergebnis zusammengezählt. Ab 3 Zuckungen innerhalb einer Beobachtungsperiode von 45 Sekunden wurde auf REM-Schlaf geschlossen. Säugen während des REM-Schlafes war möglich. Wenn sich die Sauen innerhalb der 45 Sekunden in Seitenlage befanden, keine Bewegungen festgestellt wurden und keine anderen Kriterien wie offene Augen oder Säugen vorlagen, wurde auf NREM Schlaf geschlossen.

| Uhrzeit | Beob.nr. | Liegen Seite | Liegen Bauch | Liegen Schraube | Liege- position | | Beinstellung | | | Kopfstellung | | Augen | Säugen | Zuckungen | | | | Anmerkungen |
|---------|----------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------|------------------|-------|--------|-----------------|--------|-------|-------|-------------|
| | | | | | ger- ade | gekr- ümmt | ausge- streckt | ange- winck. | beein- trächt. | frei | gegen Strukt. | | | Glied- maßen | Rüssel | Augen | Rumpf | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 3.2: Beobachtungsformular

3.2.2. Messung der Herzaktivität

Die Untersuchungen erfolgten im September und Oktober 2006. Insgesamt wurden an 11 Sauen (6 im September, 5 im Oktober) Herzfrequenzmessungen durchgeführt, die in den Abferkelbuchten FS I und KS I gehalten wurden.

Die Datenaufnahme erfolgte an laktierenden Sauen an zwei aufeinander folgenden Tagen. Die Ferkel waren zum Zeitpunkt der Beobachtungen zwischen 3 und 8 Tagen alt. Die Untersuchungen fanden sowohl während des Tages (13.00 Uhr bis 18.00 Uhr), als auch in der Nacht (22.00 Uhr bis 02.30 Uhr) statt.

Die Messungen der Herzfrequenz wurden mit Hilfe nicht-invasiver Geräte durchgeführt (Polar S 810 i). Die Ausrüstung je Sau umfasste einen Elektrodengurt, einen Empfänger und zwei Stretchgurte. Zur Ableitung des Herzschlages diente der Elektrodengurt, der aus einem Minuspol, einem Pluspol und einem Transmitter bestand. Der Elektrodengurt wurde vor dem Anlegen auf einem der Stretchgurte befestigt, mit Elektrodengel bestrichen und den Sauen um den Thorax angelegt. Zum Schutz der Elektroden wurde den Sauen ein zweiter Stretchgurt umgelegt. In diesem befand sich eine kleine Tasche, in die der Empfänger hinein gegeben wurde.

Der Speicher des Empfängers erlaubt die Speicherung von ca. 16.000 R-R-Intervallen. Dies entspricht einem Zeitraum von ungefähr 4,5 bis 5 Stunden bei durchschnittlicher Herzfrequenz. Den Sauen wurden mindestens eine halbe Stunde vor Beginn der Datenaufnahme die Stretchgurte umgelegt, damit sie sich an diese gewöhnen konnten.

Nach jedem Beobachtungsdurchgang wurden die Daten mittels Infrarot-Lesegerätes auf ein Notebook (Cytron TCM edition, Modell: MAM 2010) mit Hilfe des Softwareprogramms Polar Equine SW (Version 4.02.036 H) übertragen und gespeichert.

Zeitgleich zur Herzfrequenzaufnahme wurden die Sauen direkt beobachtet. Beobachtungsmethoden waren das Scan sampling sowie die intermittierende kontinuierliche Verhaltenszählung für je 5 Minuten im Abstand von 30 Minuten. Die Beobachtungen wurden von der Autorin selbst durchgeführt.

Pro Aufnahmeperiode (Tag bzw. Nacht) und Tier wurden 8 Beobachtungsdurchgänge durchgeführt.

Das Erhebungsprotokoll war so gestaltet, dass die Sauen eines Haltungssystems eine Stunde beobachtet wurden, dann wurde die Kammer gewechselt und die Sauen des anderen Haltungssystems wurden eine Stunde beobachtet.

Am ersten Beobachtungstag war die Reihenfolge der Beobachtungen: FS I dann KS I. Am zweiten Beobachtungstag war die Reihenfolge der Beobachtung umgekehrt: zuerst KS I dann FS I.

Zur Datenaufnahme diente das gleiche Formular wie bei der Bestimmung der Schlafphasen. Zunächst wurden die Liegeposition sowie die Bein- und Kopfstellung mittels Scan Sampling aufgenommen. Die Anzahl der Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel, Augen und Rumpf wurden dann für 4 Minuten 45 Sekunden kontinuierlich beobachtet. Zur Zeitmessung diente eine Stoppuhr. Ebenfalls notiert wurde, ob während der Beobachtungszeit Säugen auftrat (Abbildung 3.2).

Anhand der Verhaltensparameter wurden wiederum vier Zustände unterschieden:

- Wachen/Liegen: Die Sau liegt, ist aber wach; sie hat z.B. offene Augen, dreht die Ohren auf Geräusch usw.
- Dösen: Die Sau schläft, liegt aber in der Bauchlage.
- NREM-Schlaf: Die Sau liegt ruhig in Seitenlage, die Atmung ist gleichmäßig.

- REM–Schlaf: Es kommt zu Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel, Augen und/oder Rumpf.

Ab einem Vorkommen von 11 Zuckungen innerhalb der 4 Minuten 45 Sekunden dauernden Verhaltensbeobachtung wurde auf REM-Schlaf geschlossen. Säugen während des REM-Schlafes war möglich. Wenn sich die Sauen innerhalb der 4 Minuten 45 Sekunden in Seitenlage befanden, keine Bewegungen festgestellt wurden und keine anderen Kriterien wie offene Augen oder Säugen vorlagen, wurde auf NREM Schlaf geschlossen. In die Auswertung wurden nur Daten aufgenommen, bei denen die Sauen lagen (Bauch- oder Seitenlage).

Die Aufbereitung der Herzfrequenzdaten erfolgte zunächst mit dem Programm Polar Equine SW (Version 4.02.036 H). Die Kurven wurden in fünf Minuten Intervallen auf Fehler korrigiert. Ab einer Fehlerquote von $\geq 5\%$ wurde der Abschnitt nicht mehr in die Auswertungen aufgenommen.

Die korrigierten Daten wurden in das Programm HRV Analysis (Version 1.1, Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Finland) importiert und weiterverarbeitet. Für jeden 5-Minuten-Abschnitt bei gleichzeitig liegender Sau wurden im Programm HRV Analysis unter Berücksichtigung des Frequenzbereiches, der VON BORELL ET AL. (2007) für den HF-Bereich für Schweine vorschlagen wird, die folgenden HRV-Parameter berechnet: SD 1, RMSSD, LF, HF, LF/HF.

3.3. Statistische Analyse

Die statistische Analyse erfolgte mittels SAS 9.1.

3.3.1. Anteile an Schlafphasen

Da es sich bei den Daten zu Schlafphasen um Häufigkeiten handelt, wurden Unterschiede in der Verteilung der Schlafphasen zwischen Haltungssystemen mittels Chi²-Test getestet. Mehrfachvergleiche wurden mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert.

3.3.2. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

Der statistischen Auswertung der Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität lag ein generalized mixed model in SAS 9.1 (PROC GENMOD) mit Log-Linkfunktion und unter Annahme einer Negativ Binomialen bzw. Gamma-Verteilung zu Grunde. Als fixe Faktoren gingen das Haltungssystem, die Messperiode, der Untersuchungsmonat, die Schlafphase sowie Wechselwirkungen zwischen Haltungssystem und Messperiode bzw. Schlafphase ein; als zufälliger Effekt wurde die Sau berücksichtigt. Da sich die Wechselwirkungen als nicht signifikant erwiesen, wurden sie im Endmodell nicht berücksichtigt. Das folgende Modell wurde verwendet:

$$Y_{ijklmn} = \mu + H_i + M_j + O_k + S_l + A_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklmn} = Beobachteter Wert n der abhängigen Variable Y von der Sau m , die im Haltungssystem i , in der Messperiode j , im Monat k und während der Schlafphase l beobachtet wurde

H_i = fixer Effekt des Haltungssystems i , $i = 1,2$ (Freilaufbucht, Kastenstand)

M_j = fixer Effekt der Messperiode j , $j = 1,2$ (Tag, Nacht)

O_k = fixer Effekt des Untersuchungsmonats k , $k = 1,2$ (September, Oktober)

S_l = fixer Effekt der Schlafphase l , $l = 1,2,3,4$ (Wachen, Dösen, NREM, REM)

A_{ijklm} = wiederholte Beobachtungen an der Sau m , während der Messperiode j , des Untersuchungsmonats k und der Schlafphase l , $m = 1,2,\dots,11$

ε_{ijklmn} = zufälliger Resteffekt

4. Ergebnisse

4.1. Schlaf- und Aktivitätsverteilung

4.1.1. Einfluss des Haltungssystems

Insgesamt flossen 2301 Beobachtungswerte in die statistischen Auswertungen ein, davon 575 Beobachtungen in den Systemen FS I, FS II und KS I und 576 im System KS II.

Das Haltungssystem hatte einen signifikanten Einfluss auf den Anteil von Ruhe-/Schlafstadien ($p < 0,0001$). Die beiden Freilaufbuchten unterschieden sich jeweils signifikant von den Kastenständen (FS I vs. KS I/KS II: $p = 0,0006/p = 0,026$; FS II vs. KS I/KS II: $p = 0,0005/p = 0,045$; Bonferroni-Holm-Korrektur, Tabelle 4.1). In den Kastenständen schliefen die Sauen mehr und verbrachten mehr Zeit mit Steh-/Aktivitätsphasen, während das Ruhen im wachen Zustand weniger häufig vorkam als in den Freilaufbuchten.

Tabelle 4.1: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen in den verschiedenen Haltungssystemen (in %)

| | <i>NREM</i> | <i>REM</i> | <i>Wach/Liegen</i> | <i>Stehen/Aktivität</i> |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| | % | % | % | % |
| <i>FS I (n=8)</i> | 60,5 ^a | 10,6 ^a | 27,1 ^a | 1,7 ^a |
| <i>FS II (n=8)</i> | 63,5 ^a | 11,3 ^a | 24,4 ^a | 0,9 ^a |
| <i>KS I (n=8)</i> | 69,8 ^b | 13,6 ^b | 14,1 ^b | 2,6 ^b |
| <i>KS II (n=8)</i> | 67,0 ^b | 11,5 ^b | 18,8 ^b | 2,8 ^b |

χ^2 - Test; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb Spalten unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

4.1.2. Einfluss des physiologischen Zustandes

Der physiologische Zustand hatte einen signifikanten Einfluss auf den Anteil von Ruhe-/Schlafstadien ($p < 0,0001$, Tabelle 4.2). In der Hochträchtigkeit verbrachten die Sauen mehr Zeit mit Schlafen und weniger Zeit im wachen bzw. aktiven Zustand als während der Laktation.

Tabelle 4.2: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen unter Einfluss des physiologischen Zustandes (in %)

| | <i>NREM</i> | <i>REM</i> | <i>Wach/Liegen</i> | <i>Stehen/Aktivität</i> |
|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| | % | % | % | % |
| <i>Hochtragend (n=16)</i> | 78,4 ^a | 12,5 ^a | 7,8 ^a | 1,2 ^a |
| <i>Laktierend (n=16)</i> | 59,8 ^b | 14,1 ^b | 22,6 ^b | 3,5 ^b |

χ^2 - Test; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb Spalten unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

4.1.3. Einfluss des Untersuchungsdurchgangs

Der Beobachtungsmonat hatte einen signifikanten Einfluss auf den Anteil von Schlaf-/Ruhestadien ($p < 0,0001$, Tabelle 4.3). Im September verbrachten die Sauen mehr Zeit mit Schlafen und weniger Zeit im wachen Zustand als im Oktober.

Tabelle 4.3: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen unter Einfluss des Monats (in %)

| | <i>NREM</i> | <i>REM</i> | <i>Wach/Liegen</i> | <i>Stehen/Aktivität</i> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| | % | % | % | % |
| September (n=16) | 69,1 ^a | 13,3 ^a | 15,2 ^a | 2,4 ^a |
| Oktober (n=16) | 61,3 ^b | 10,2 ^b | 26,9 ^b | 1,7 ^b |

χ^2 - Test; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb Spalten unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

4.2. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

Insgesamt flossen 199 Mess- bzw. Beobachtungsintervalle in die statistischen Auswertungen ein, wovon 105 Mess- bzw. Beobachtungsintervalle auf FS I und 94 auf KS I entfielen. Eine Übersicht über die p-Werte für die berücksichtigten Einflussfaktoren auf Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität enthält Tabelle 4.4.

Tabelle 4.4: p-Werte für verschiedene Einflussfaktoren auf verschiedene Parameter der Herzaktivität (Wald Statistics, Typ 3 GEE Analysis)

| | <i>HR</i> | <i>RMSSD</i> | <i>SD 1</i> | <i>LF</i> | <i>HF</i> | <i>LF/HF</i> |
|-----------------------|-----------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------|
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Haltungssystem | 0,058 | 0,877 | 0,877 | 0,341 | 0,353 | 0,307 |
| Messperiode | 0,167 | 0,693 | 0,693 | 0,670 | 0,659 | 0,569 |
| Monat | 0,153 | 0,868 | 0,868 | 0,669 | 0,662 | 0,584 |
| Schlaf | <.0001 | 0,036 | 0,036 | 0,019 | 0,018 | 0,028 |

4.2.1. Einfluss des Haltungssystems

Die LS-Means für die HR und die Parameter der HRV unter Einfluss des Haltungssystems sind in Tabelle 4.5 dargestellt. Die HR lag mit 83,4 Schlägen/min im FS I niedriger als im KS I (89,6 Schläge/min) – allerdings war der Unterschied nicht signifikant. Die Streuung in der HR war im KS I deutlich höher als im FS I (Abbildung 4.1).

Hinsichtlich der Parameter der HRV gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen. SD 1, RMSSD, LF und LF/HF lagen im FS I etwas niedriger, HF dagegen höher als im KS I (Tabelle 4.5).

4.2.2. Einfluss der Messperiode

Die HR war in der Nacht mit 85,1 Schläge/min niedriger – allerdings nicht signifikant - als am Tag (87,8 Schläge/min, Abbildung 4.1, Tabelle 4.5).

Auch bei den Parametern der HRV konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messperioden Tag und Nacht beobachtet werden. SD 1 und RMSSD waren am Tag nume-

risch höher als in der Nacht. Im frequenzbezogenen Bereich zeigten sich nur geringe Unterschiede in Abhängigkeit von der Messperiode (Tabelle 4.5).

4.2.3. Einfluss des Monats

Zwischen den Untersuchungsmonaten lagen keine signifikanten Unterschiede vor. Im September war die HR mit 83,7 Schläge/min niedriger als im Oktober (89,2 Schläge/min, Abbildung 4.1, Tabelle 4.5). SD 1 und RMSSD waren im September etwas niedriger als im Oktober. LF und LF/HF waren im September höher und HF niedriger im Vergleich zum Oktober (Tabelle 4.5).

4.2.4. Einfluss der Schlaf-/Wachphase

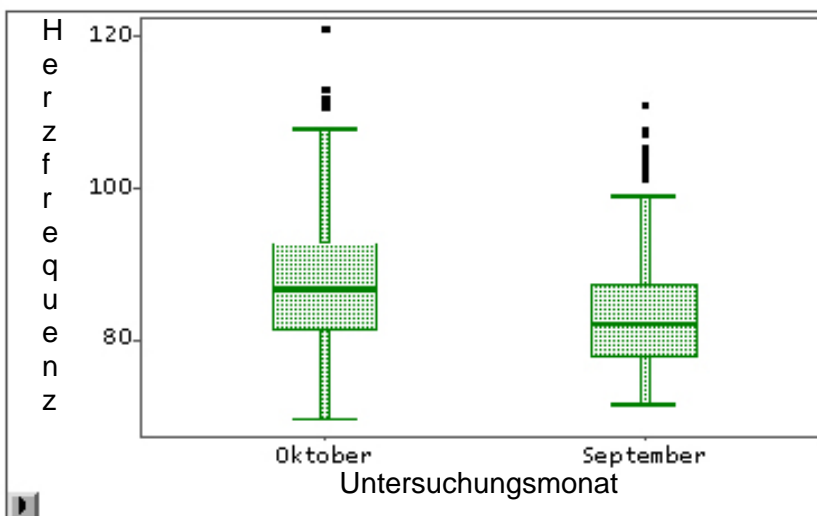
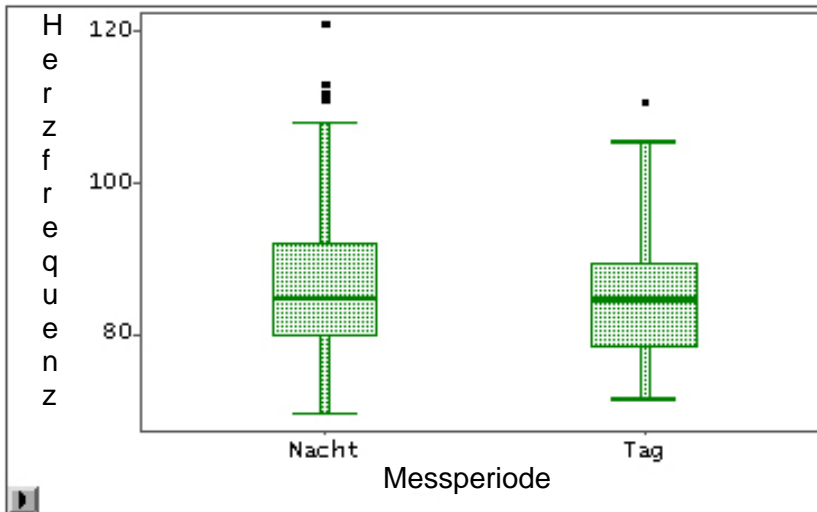
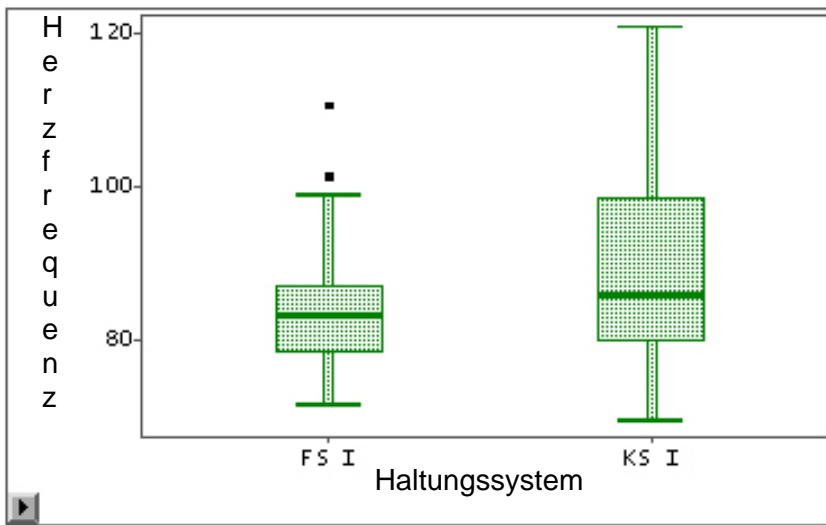
Eine signifikant niedrigere HR lag während NREM- und REM-Phasen im Vergleich zu Wachphasen vor (Wach vs. NREM/REM: $p < ,0001/p < ,0001$). Die mittlere HR war im NREM-Schlaf mit 83,6 Schläge/min am niedrigsten und während des wachen Zustandes am höchsten (89,0 Schläge/min, Abbildung 4.1, Tabelle 4.5).

Wie bei der HR lag bei der HRV ein Einfluss der Schlaf-/Ruhe-Stadien vor. Bei RMSSD und SD 1 gab es einen signifikanten Unterschied zwischen dem wachen und dösenden Zustand ($p = 0,004/p = 0,004$). Im wachen Zustand lagen sowohl RMSSD als auch SD 1 mit 20,9 beziehungsweise 14,8 ms niedriger als während des Dösens (28,2 bzw. 20,0 ms). Auch bei den Auswertungen im frequenzbezogenen Bereich gab es signifikante Unterschiede zwischen den Schlafstadien. Bezüglich LF und HF unterschied sich der wache Zustand signifikant vom NREM-Schlaf ($p = 0,03/p = 0,02$) und REM-Schlaf ($p = 0,02/p = 0,02$). Bei LF war der höchste Wert während des wachen Zustandes zu verzeichnen, der niedrigste während des NREM-Schlafes. Im HF-Bereich war es umgekehrt – hier war der höchste Wert im NREM-Schlaf und der niedrigste im wachen Zustand zu beobachten. Das LF/HF-Verhältnis wiederum war im REM-Schlaf signifikant niedriger als im wachen Zustand (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5: Parameter der Herzaktivität in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren

| <i>Einflussfaktor</i> | <i>HR</i> | | <i>SD 1</i> | | <i>RMSSD</i> | | <i>LF</i> | | <i>HF</i> | | <i>LF/HF</i> | |
|----------------------------------|---------------------------|------|--------------------|------|---------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|---------------------|------|
| | <i>Schläge/min</i> | | <i>(ms)</i> | | <i>(ms)</i> | | | | | | | |
| | LSmeans | SE | LSmeans | SE | LSmeans | SE | LSmeans | SE | LSmeans | SE | LSmeans | SE |
| <i>Haltungssystem</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>FS I (n=5)</i> | 83,4 | 1,02 | 16,9 | 1,17 | 23,8 | 1,17 | 70,8 | 1,02 | 29,1 | 1,05 | 2,57 | 1,05 |
| <i>KS I (n=6)</i> | 89,6 | 1,04 | 17,7 | 1,31 | 25,0 | 1,31 | 72,4 | 1,02 | 27,6 | 1,05 | 2,77 | 1,06 |
| <i>Messperiode (n=11)</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tag</i> | 87,8 | 1,03 | 17,6 | 1,18 | 24,9 | 1,18 | 71,4 | 1,02 | 28,6 | 1,06 | 2,63 | 1,07 |
| <i>Nacht</i> | 85,1 | 1,02 | 16,9 | 1,19 | 23,9 | 1,19 | 71,9 | 1,01 | 28,0 | 1,03 | 2,71 | 1,04 |
| <i>Monat (n=11)</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>September</i> | 83,7 | 1,02 | 16,8 | 1,23 | 23,7 | 1,23 | 72,0 | 1,02 | 27,9 | 1,06 | 2,72 | 1,07 |
| <i>Oktober</i> | 89,2 | 1,04 | 17,7 | 1,29 | 25,1 | 1,29 | 71,3 | 1,02 | 28,7 | 1,04 | 2,61 | 1,05 |
| <i>Schlaf (n=11)</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>NREM</i> | 83,6 ^a | 1,02 | 18,1 | 1,15 | 25,5 | 1,15 | 70,8 ^a | 1,02 | 29,2 ^a | 1,04 | 2,58 | 1,07 |
| <i>REM</i> | 84,5 ^a | 1,02 | 16,6 | 1,17 | 23,4 | 1,16 | 71,1 ^a | 1,01 | 28,9 ^a | 1,04 | 2,59 ^a | 1,04 |
| <i>Dösen</i> | 88,7 | 1,03 | 20,0 ^a | 1,21 | 28,2 ^a | 1,21 | 71,3 | 1,04 | 28,6 | 1,10 | 2,67 | 1,10 |
| <i>Wach</i> | 89,0 ^b | 1,02 | 14,8 ^b | 1,21 | 20,9 ^b | 1,21 | 73,4 ^b | 1,01 | 26,6 ^b | 1,03 | 2,84 ^b | 1,04 |

Unterschiedliche Buchstaben: p<0,05



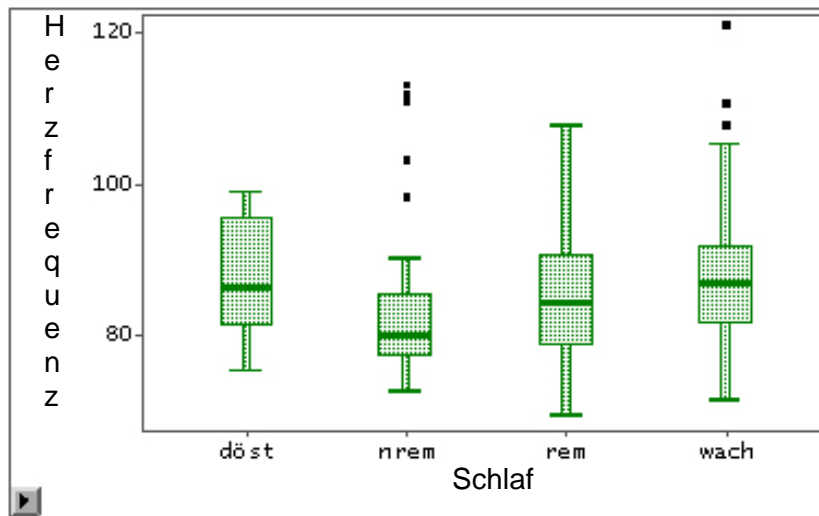


Abbildung 4.1: Auswirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz (Schläge/min; dargestellt in grafischer Form)

5. Diskussion

5.1. Methode

Nach umfangreichen Voruntersuchungen wurde die Beobachtungsmethode Scan sampling kombiniert mit der intermittierenden kontinuierlichen Verhaltenszählung ausgewählt, da damit einerseits eine Charakterisierung der jeweiligen Liegeposition, Bein- und Kopfstellung mittels Übersichtsbeobachtung möglich war, und andererseits die Erfassung der Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel, Augenlidern und Rumpf durch die Verhaltenszählung gewährleistet wurde. Da die Zuckungen über Videobeobachtung nur schwer festzustellen waren, wurde entschieden die Untersuchungen mit Hilfe von Direktbeobachtungen durchzuführen.

In der Literatur konnten zwei Untersuchungen gefunden werden, in denen Schlafphasen anhand von Verhaltensbeobachtungen bestimmt wurden. KUIPERS UND WHATSON (1979) führten kontinuierliche Beobachtungen durch und erfassten die Sekunden, in welchen das Ferkel eine bestimmte Verhaltensweise zeigte (also z.B. Anzeichen für REM-Schlaf). Diese Beobachtungsmethode erschien für die vorliegende Studie nicht geeignet, da sie sehr arbeitsaufwändig ist und die Beobachtung von nur wenigen Tiere ermöglicht hätte. KOTRBÁČEK (1991) definierten ruhigen Schlaf über mindestens zwei Minuten als NREM-Schlaf; wenn Zuckungen an den Extremitäten oder im Gesicht vorkamen, wurde REM-Schlaf angenommen. Das Verhalten der Ferkel wurde in 20-Sekunden-Intervallen aufgenommen, eine genaue Beschreibung der Beobachtungsmethode fehlt (KOTRBÁČEK 1991). Auch diese Beobachtungsmethode erschien für die vorliegende Studie nicht geeignet, da REM-Schlaf kein fixer, länger dauernder Zustand ist, den man mittels Scan sampling bestimmen kann. Alle anderen angeführten Untersuchungen zum Ruhe-/Schlafverhalten wurden mit Hilfe invasiver Messmethoden (z.B. RUCKEBUSCH UND MOREL, 1968; RUCKEBUSCH, 1972; RUCKEBUSCH, 1975; ROBERT UND DALLAIRE, 1986) durchgeführt.

VON BORELL ET AL. (2007) stellen die HR- und HRV-Messung mittels nicht-invasiver Messmethoden als geeignet für die Bestimmung der Herzaktivität dar. HANSEN (1999) beschrieb diese Messmethode als gute Methode um langfristige Effekte durch Veränderungen in der sozialen Umwelt von Schweinen festzustellen. MOHR ET AL. (2002) erklärten die HRV als eine zweckmäßige Methode, um Stress von Tieren bestimmen zu können. Aussagen hinsichtlich Wohlbefinden anhand von HR und HRV sind dagegen nach HILLMANN ET AL. (2007) und REEFMANN ET AL. (2007) häufig schwierig.

Das Beobachtungsintervall von fünf Minuten bei der Messung der Herzaktivität wurde in Anlehnung an die Empfehlungen von VON BORELL ET AL. (2007) gewählt. Das Beobachtungsintervall von einer Minute bei der Bestimmung der Schlafphasen wurde gewählt, um einerseits eine möglichst große Stichprobe zu erhalten, und andererseits, um möglichst sicher auf die jeweilige Schlafphase schließen zu können.

5.2. Schlaf- und Aktivitätsverteilung

5.2.1. Einfluss des Haltungssystems

In allen Haltungssystemen konnte sowohl NREM- als auch REM-Schlaf beobachtet werden. Wie in der Literatur beschrieben (KOELLA, 1973; ELGAR ET AL., 1988; KOTRBÁČEK UND HÖNIG, 1989a; PARMEGGIANI, 2005), wurden als Zeichen von REM-Schlaf Zuckungen an Gliedmaßen, Rüssel und Augen festgestellt; NREM-Schlaf war demgegenüber durch ruhiges Liegen und gleichmäßiges Atmen gekennzeichnet. Die beiden Schlafstadien waren anhand ethologischer Kriterien gut voneinander differenzierbar. Der Großteil des Schlafes bestand aus NREM-Schlaf (ELGAR ET AL., 1988).

Die Kastenstände und Freilaufbuchten unterschieden sich in der Schlaf- und Aktivitätsverteilung signifikant voneinander. In den Kastenständen verbrachten die Sauen größere Anteile der Beobachtungszeit schlafend, während die Sauen in den Freilaufbuchten aktiver waren. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen von LADEWIG UND ELLENDORF (1983). Die Autoren konnten bei einem Vergleich dieser beiden Haltungssysteme ebenfalls feststellen, dass Schweine in Freilaufbuchten einen tendenziell höheren Anteil im aktiven Zustand verbrachten, während Schweine in Kastenständen tendenziell mehr schliefen.

Nach RUCKEBUSCH (1972, 1975) treten während der Nacht wechselweise Phasen des Schlafens und des Wachens auf. Dieser Wechsel von Schlaf- und Wachphasen konnte auch in der vorliegenden Studie beobachtet werden. Es gab keine Sau, die während der Datenaufnahme (6 Stunden) immer geschlafen hat oder immer wach war.

Es kamen alle aus den Verhaltensparametern abgeleiteten Zustände (Stehen/Aktivität, Wach/Liegen, REM, NREM) bei jeder Sau vor. Die Sauen in den Freilaufbuchten verbrachten mehr Zeit mit Wach-/Liegephasen (25,8 %) als die Sauen in den Kastenständen (16,5 %), die im Vergleich dazu mehr Zeit mit Steh-/Aktivitätsphasen verbrachten (Freilaufbuchten: 1,3 %; Kastenstände: 2,7 %). Der höhere Anteil an Wach-/Liegephasen in den Freilaufbuchten bedeutet einen höheren Anteil an Ruhen im Liegen bei uneingeschränkter Wahrnehmung. Daraus kann nicht unbedingt ein höherer Grad an Unruhe der Sauen in diesem Haltungssystem abgeleitet werden. Die Sauen in den Freilaufbuchten nahmen im Gegenteil mehr Anteil am Geschehen in der Umwelt und beobachteten ihre Umwelt aufmerksamer als die Sauen in den Kastenständen. Die Sauen in den Kastenständen waren oft nicht dazu in der Lage, ihre Umwelt während des Liegens/Ruhens zu beobachten, da der Kastenstand für viele zu kurz war und diese den Kopf unter den Futtertrog legen mussten. Falls diese Veränderungen in ihrer Umwelt registrierten, kam es häufig vor, dass sie regelrecht aufschreckten, daraufhin aufstanden und dann auch aktiv waren.

Die Sauen in den Kastenständen schliefen mehr als die Sauen in den Freilaufbuchten (40,5 % vs. 36,5 %). Sowohl der NREM-Schlafanteil als auch der REM-Schlafanteil war in den Kastenständen höher (NREM: Freilaufbuchten: 62 %, Kastenstände: 68,4 %; REM: Freilaufbuchten: 10,9 %, Kastenstände: 12,6 %).

RUCKEBUSCH UND MOREL (1968), RUCKEBUSCH (1972) und ROBERT UND DALLAIRE (1986) untersuchten Schlaf-Wachrhythmen bei Schweinen mit Hilfe polygraphischer Analysen. RUCKEBUSCH UND MOREL (1968) beobachteten bei 3-4 Monate alten Schweinen einen NREM-Schlafanteil von 45 % (4 h 15 min) während der Nachtstunden. RUCKEBUSCH (1972) kam zu einem durchschnittlichen NREM-Schlafanteil von 25,3 % (6 h 4 min) bei 3 Monate alten Schweinen innerhalb von 24 Stunden. Davon konnte eine NREM-Schlafdauer von 3 h 52 min während der Nachtstunden (12 Stunden Periode) beobachtet werden. ROBERT UND DALLAIRE (1986) beobachteten 26,7 % (6 h 24 min) NREM-Schlaf bei 2 Monate alten Schweinen innerhalb einer 24 Stunden Periode.

In der vorliegenden Studie verbrachten die Sauen durchschnittlich 65,2 % (3 h 35 min) der Beobachtungszeit im NREM-Schlaf - im Vergleich zu den anderen Studien ein hoher NREM-Anteil. Da die Beobachtungen in der ersten Nachthälfte durchgeführt wurden, in der entsprechend dem diurnalen Rhythmus der Schweine vorwiegend Ruhe- bzw. Schlafphasen erwartet wurden, ist der höhere Anteil an NREM-Schlaf leicht erklärbar.

Der höhere NREM-Zeitanteil (in Stunden) innerhalb einer 24 Stunden Periode den die Schweine bei RUCKEBUSCH UND MOREL (1968) und ROBERT UND DALLAIRE (1985) verbrachten, kann auf die Ruhe-/Schlafperioden zurückgeführt werden, die Schweine auch während des Tages häufig einlegen können (RUCKEBUSCH, 1972; KOLB, 1989). Weiter verbringen jüngere Tiere einen wesentlich höheren Anteil mit Schlafen. Ein bis fünf Wochen alte Ferkel verbrachten durchschnittlich 10 h 24 min mit Schlafen (KUIPERS UND WHATSON, 1979), während drei Monate alte Schweine insgesamt 7 h 49 min mit Schlafen verbrachten (RUCKEBUSCH, 1972). Der Schlafanteil verringert sich also sukzessive mit dem Alter der Tiere.

RUCKEBUSCH (1972) ermittelte einen REM-Schlafanteil von 7,3 % (1 h 45 min) bzw. 10,5 % (1 h 16 min) innerhalb einer 24 Stunden Periode bzw. einer 12 Stunden Nachtperiode, ROBERT UND DALLAIRE (1986) kamen zu einem REM-Anteil von 10,9 % (2 h 37 min) innerhalb einer 24 Stunden Periode. Im Vergleich dazu konnte ein durchschnittlicher REM-Anteil von 11,8 % (39 min) in der vorliegenden Studie beobachtet werden.

Die Verteilung der REM-Schlafanteile (in Prozent) entspricht in der Größenordnung Angaben aus der Literatur. Umgerechnet in Stunden war der REM-Anteil in der vorliegenden Studie geringer als bei RUCKEBUSCH (1972) und ROBERT UND DALLAIRE (1986). Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten durch mehrere Faktoren entstanden sein. Einerseits könnten die Unterschiede aus dem unterschiedlichen Alter der Tiere resultieren, da sich der REM-Schlaf im Verlauf der Entwicklung zum ausgewachsenen Tier verringert (RUCKEBUSCH, 1962; KUIPERS UND WHATSON, 1979; KOTRBÁČEK UND HÖNIG, 1989a). Andererseits sind die Untersuchungen der genannten Autoren nur bedingt mit den vorliegenden Ergebnissen vergleichbar, da es sich um unterschiedliche Beobachtungszeiten und Untersuchungsmethoden handelt. Mit Hilfe polygraphischer Untersuchungen sind die einzelnen Schlaf- und Wachzustände exakter zu unterscheiden. Bei der Verhaltensbeobachtung können nur äußerlich feststellbare Kriterien zur Unterscheidung der Schlafstadien herangezogen werden. Da der NREM- und REM-Schlaf bei jedem Tier anders ausgeprägt sein kann, kann die Messung mit freiem Auge nie so exakt funktionieren wie mit Hilfe technischer Geräte. Die Über- oder Unterschätzung des Anteils kann die Folge sein, wie auch KUIPERS UND WHATSON (1979) anhand von Verhaltensbeobachtungen feststellen konnten.

5.2.2. Einfluss des physiologischen Zustandes

Die Ruhe-/Schlafanteile bei beiden Zuständen unterschieden sich signifikant voneinander. Tragende Sauen verbrachten 78,4 % der Beobachtungszeit im NREM-Schlaf, laktierende Sauen 59,8 %. Im REM-Schlaf verbrachten tragende Sauen 12,5 %, laktierende Sauen 14,1 %. Studien an verschiedenen Spezies berichten über ein verändertes Schlafverhalten während der Gravidität im Vergleich zum nicht tragenden Zustand (z.B. KARACAN ET AL., 1968; KARACAN ET AL., 1969; NISHINA ET AL., 1995; KIMURA ET AL., 1996), einheitliche Ergebnisse konnten jedoch nicht gefunden werden. KIMURA ET AL. (1996) beobachteten bei Ratten einen höheren Anteil an NREM-Schlaf während der Trächtigkeit, während NISHINA ET AL. (1995) keine erhöhte NREM-Schlafdauer während der Trächtigkeit fanden. Ebenso liegen bezüglich REM-Schlaf unterschiedliche Untersuchungsergebnisse vor. Während KARACAN ET AL. (1968) bei schwangeren Frauen keine Veränderung im REM-Schlaf feststellen konnten, beobachteten KARACAN ET AL. (1969) einen niedrigeren Anteil an REM-Schlaf bei schwangeren Frauen. Auch NISHINA ET AL. (1995) stellten bei trächtigen Ratten einen geringeren Anteil an REM-Schlaf fest. Es kann also festgestellt werden, dass jede Art anders auf die Gravidität reagiert. Bei den Sauen der vorliegenden Untersuchung konnte eine längere NREM- und REM-Schlafdauer während der Trächtigkeit festgestellt werden.

Aber auch die Laktation beeinflusst das Schlafverhalten. Bei Untersuchungen an stillenden Frauen konnte festgestellt werden, dass der Anteil an NREM- und REM-Schlaf im Vergleich zu nicht stillenden Frauen reduziert war (NISHIHARA ET AL., 2004) und es zu häufigeren Wachphasen kam (SHINKODA ET AL., 1999). Bei den Sauen der vorliegenden Untersuchungen konnte ein erhöhter Anteil an wachen/liegenden bzw. stehenden/aktiven Phasen während der Laktation beobachtet werden. So waren tragende Sauen insgesamt während 9 % der Beobachtungen wach/aktiv, während dieser Anteil sich bei laktierenden Sauen auf insgesamt 26,1 % belief. Grund für die längeren Wachphasen waren vermutlich die Unterbrechungen des Schlafes durch das Säugen der Ferkel. Auch bei stillenden Frauen wurde der niedrigere Schlafanteil auf das Stillen des Kindes in der Nacht zurückgeführt (BLYTON ET AL., 2002).

5.2.3. Einfluss des Untersuchungsdurchgangs

Die beiden Untersuchungsmonate unterschieden sich im Ruhe-/Schlafverhalten signifikant voneinander. Im September verbrachten die Sauen insgesamt 82,4 % (NREM: 69,1 %, REM: 13,3 %) der Beobachtungszeit mit Schlafen und 17,6 % (Wach/Liegen: 15,2 %, Stehen/Aktiv: 2,4 %) mit Wach-/Aktivitätsphasen, während im Oktober insgesamt 71,5 % (NREM: 61,3 %, REM: 10,2 %) der Beobachtungszeit mit Schlafen verbracht wurden und 28,6 % (Wach/Liegen: 26,9, Stehen/Aktiv: 17 %) mit Wach-/Aktivitätsphasen. Im Oktober gab es einige Sauen (insgesamt sieben) die während der Beobachtungen häufig wach waren oder wach wurden, sowohl bei den Sauen mit Ferkel als auch bei den Sauen ohne Ferkel. Jede Sau hat ein unterschiedliches Schlaf- und Aktivitätsbedürfnis und individuelle Unterschiede können von Tier zu Tier erheblich variieren. Die interindividuellen Unterschiede im Schlaf- und Aktivitätsverhalten betragen bei den Untersuchungen von RUCKEBUSCH (1972) bis zu 25 %. Auch KOTRBÁČEK (1991) konnte große individuelle Schlafunterschiede feststellen. REM-Schlaf ist dagegen der Zustand mit der geringsten Variabilität zwischen den Individuen (ROBERT UND DALLAIRE, 1986).

Andererseits könnten auch unterschiedliche Managementeinflüsse für die Ergebnisse mit verantwortlich sein. Zwischen den Untersuchungsmonaten gab es einen Betreuerwechsel und der Rhythmus bei der Fütterung und Pflege erfolgte zwar nach Möglichkeit zur gleichen Zeit, dennoch war dieser im September nicht so regelmäßig wie im Oktober. So wurden die Sauen an einem Tag im September einmal erst um 22 Uhr gefüttert, obwohl die Fütterungszeit normalerweise zwischen 17:30 und 19:30 stattfand. Auch der Tag/Nacht Rhythmus war unregelmäßiger (siehe Kapitel 3.1.1). Tiere können sehr sensibel auf ihre Haltungsumwelt und Betreuungspersonen reagieren, was auch ein Mitgrund für die Unterschiede zwischen den Monaten sein könnte.

5.3. Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

5.3.1. Einfluss des Haltungssystems

Die durchschnittliche Ruhe-HR betrug bei Sauen in der Freilaufbucht 83,4 Schläge/min, bei Sauen im Kastenstand 89,6 Schläge/min. Die Sauen zeigten im Vergleich zu ihren Körpergewicht (203 bis 321 kg) eine hohe Ruhe-HR. MARCHANT ET AL. (1995) beschreiben eine niedrigere Ruhe-HR von 52,1 Schläge/min bei 230 kg schweren Zuchtsauen (Large White x Landrasse). Auch MARCHANT ET AL. (1997) geben eine niedrigere Ruhe-HR zwischen 47,7 und 71,2 Schläge/min für 275 kg schwere Zuchtsauen (Large White x Landrasse) an. THIELSCHER (1986) stellte dagegen bei 132 kg schweren Sauen (Deutsche Landrasse) eine Ruhe-HR von 80 Schläge/min fest. Die Haltungssysteme variierten bei den zuvor genannten Studien von der Einzelhaltung in einer strukturierten Bucht oder Kastenstand bis zur Gruppenhaltung.

Es stellt sich die Frage, wodurch die Unterschiede zwischen den Daten aus der Literatur und der vorliegenden Studie zustande gekommen sind. Laut MOODY ET AL. (1996) stellt die Variation zwischen den Individuen den wichtigsten Faktor für kardiovaskuläre Unterschiede dar. Weiter sind Unterschiede in der physischen Fitness der Sauen möglich. Je trainierter ein Organismus ist, desto größer ist dessen Herz und desto niedriger ist die Ruhe-HR (HANSEN, 1999). Die körperliche Tätigkeit der Sauen im Kastenstand hat sich auf Aufstehen, Abliegen und Stehen beschränkt. Bei den Sauen in den Freilaufbuchten war ein Gehen und Wühlen möglich, dennoch lagen die Tiere vorwiegend. Im Wartestall hatten die Sauen zwar mehr Bewegungsfreiheit, die körperliche Betätigung hielt sich aber dennoch in Grenzen, da die Besatzdichte mit 2,5 m² je Tier relativ hoch war. Ein weiterer Einflussfaktor auf die HR ist die Umgebungstemperatur. Die optimale Umgebungstemperatur bei Sauen beträgt 15–18°C (VON BORELL ET AL., 2002). In beiden Untersuchungsmonaten war die Umgebungstempera-

tur höher (21,60°C bis 25,43°C). Beim Menschen kommt es bei Temperaturerhöhungen der Umgebungstemperatur zu Erhöhungen der HR (GEBHARD ET AL., 2007), was auch bei den Sauen denkbar ist. Der physiologische Zustand beeinflusst ebenfalls die HR. Spätträchtigkeit und Laktation bedeuten physiologische Belastungen für einen Organismus (MOHR ET AL., 2002). MARCHANT-FORDE und MARCHANT-FORDE (2004) stellten bei Sauen in der 15. Trächtigtkeitswoche eine um 10,8 Schläge/min höhere HR fest als bei Sauen, die sich in der 1. Trächtigtkeitswoche befanden. MOHR ET AL. (2002) stellten bei laktierenden Kühen eine um 9 Schläge/min höhere HR fest, als bei nicht-laktierenden Kühen.

Die Haltungsumwelt spielt wahrscheinlich ebenfalls eine wichtige Rolle für die Höhe der HR. SCHOUTEN ET AL. (1991) und DAMM ET AL. (2003) berichten von höheren HR bei Sauen, die in Kastenständen gehalten bzw. fixiert wurden, gegenüber freilaufenden Sauen. SCHOUTEN ET AL. (1991) untersuchten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen während der Fütterung und geben für angebundene Sauen eine HR von 92,1 Schläge/min an. Im Vergleich dazu konnten die Autoren eine HR von 83,3 Schläge/min bei Sauen in Freilaufbuchten feststellen. DAMM ET AL. (2003) untersuchten die HR von Sauen vor der Abferkelung und kamen zum Ergebnis, dass Sauen in Kastenständen eine HR von 116,2 Schläge/min aufwiesen, während Sauen in Freilaufbuchten eine HR von 108,2 Schläge/min aufwiesen. Auch MARCHANT ET AL. (1997) und MARCHANT UND RUDD (1993) kamen zum Ergebnis, dass Sauen, die in Kastenständen gehalten wurden, höhere HR aufwiesen, als Sauen, die in kleinen oder großen Gruppen gehalten wurden. MARCHANT ET AL. (1997) konnten während des Ruhens in Einzelhaltung eine HR von 61,4–71,2 Schläge/min, in Kleingruppenhaltung von 52,4–59,4 Schläge/min und in Großgruppenhaltung von 47,7–68,7 Schläge/min feststellen. MARCHANT UND RUDD (1993) erhielten bei ihren Untersuchungen eine durchschnittliche HR von 53,8 Schläge/min in Einzelhaltung, 45,9 Schläge/min in Kleingruppenhaltung und 46,7 Schläge/min in Großgruppenhaltung. Diese Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Haltungsumwelt und das Haltungssystem die Sauen beeinflusst haben muss.

Die Ergebnisse der oben genannten Studien bestätigen das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung, dass die mittlere HR in der Freilaufbucht um 5,6 Schläge/min niedriger lag als im Kastenstand; dieser Unterschied in der HR war jedoch nicht signifikant. Möglicherweise war die Stichprobe zu gering, um die Ergebnisse statistisch abzusichern.

Bei der grafischen Darstellung der HR wird ersichtlich, dass bei Sauen, die im Kastenstand gehalten wurden, die Streuung größer ist, als bei Sauen in der Freilaufbucht. Dies könnte ebenfalls ein Hinweis darauf sein, dass die Sauen sich im Abferkelsystem Kastenstand weniger gut anpassen konnten (Abbildung 4.1).

Bei den Parametern der HRV konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen festgestellt werden. Im Kastenstand war der sympathische Einfluss etwas höher als in der Freilaufbucht, erkennbar am höheren LF/HF Verhältnis und LF-Wert bzw. am niedrigeren HF-Wert (siehe Tabelle 4.5). RIETMANN ET AL. (2004) verglichen bei Pferden die HRV während der Fortbewegung und konnten beim Rückwärtsgehen - im Gegensatz zum Vorwärtsgehen - Erhöhungen im LF-Wert und LF/HF Verhältnis, sowie eine Verringerung im HF-Wert beobachten, was die Autoren auf mentalen Stress zurückführten, dem die Pferde beim Rückwärtsgehen ausgesetzt waren. Auch MOHR ET AL. (2002) konnten bei Kälbern die externen oder internen Stress ausgesetzt waren, Verringerungen im HF-Wert und Erhöhungen im LF/HF Verhältnis gegenüber dem stressfreien Zustand feststellen. Bei den Ergebnissen der vorliegenden Studie konnten zwar keine signifikanten Unterschiede in den Parametern der HRV festgestellt werden, dennoch war die sympathovagale Balance (LF/HF) im Kastenstand etwas höher als in der Freilaufbucht, was nach Angaben der Literatur auf eine höhere Stressbelastung bzw. ein geringeres Wohlbefinden der Sauen im Kastenstand hinweisen kann. Diese Aussagen müssten jedoch in weiterführenden Untersuchungen abgesichert werden.

5.3.2. Einfluss der Messperiode

Entsprechend der Erwartung war die HR während der Ruhe-/Schlafphasen am Tag höher als in der Nacht – allerdings nicht signifikant. Die Sauen waren während des Tages, auch wenn sie ruhten oder schliefen, aufmerksamer als während der Nacht. Auf Umgebungsreize reagierten diese schneller und die Sauen waren dadurch weniger entspannt als in der Nacht, woraus die höhere HR resultierte. KUWAHARA ET AL. (2004) sprechen von einem diurnalen Rhythmus bei der HR von Schweinen und auch ALDREDGE UND WELCH (1973) stellten während der Nacht eine Reduktion der HR bei Menschen fest.

Bei den Parametern der HRV waren die Unterschiede zwischen Tag und Nacht nur minimal. Um Variationen zwischen Tag und Nacht feststellen zu können, waren die Untersuchungen wahrscheinlich zu kurzfristig. FALLEN UND KAMATH (1995) berichten von einem circadianen Rhythmus der HRV – in der Nacht stieg nach den Autoren der Einfluss des Parasympathikus, während am Tag sowohl der Sympathikus als auch der Parasympathikus die HRV beeinflussten.

5.3.3. Einfluss des Monats

Der Untersuchungsmonat übte keinen signifikanten Einfluss auf die HR und HRV aus. Dennoch konnte im September eine um 5 Schläge/min niedrigere HR als im Oktober festgestellt werden. Wie bereits zuvor erwähnt, können die individuellen Unterschiede bei der HR sehr groß sein (MOODY ET AL., 1996). Im September und Oktober wurden unterschiedliche Sauen beobachtet, wodurch die Variationen in der HR zustande gekommen sein könnten. Bei den Parametern der HRV waren die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt bzw. minimal. Da die HRV bei einem Vergleich von Haltungssystemen aussagekräftiger ist als die HR (BROOM UND JOHNSON, 1993), deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass die Sauen im Oktober nicht generell ein Problem mit der Haltungsumwelt hatten.

5.3.4. Einfluss der Schlaf-/Wachphase

Es konnten signifikante Unterschiede in der HR und Parametern der HRV in Abhängigkeit vom jeweiligen Schlafstadium festgestellt werden. Die durchschnittliche HR war mit 83,6 Schläge/min im NREM-Schlaf am niedrigsten und im wachen/liegenden Zustand mit 89,0 Schläge/min am höchsten. ALDREDGE UND WELCH (1973) stellten während des NREM-Schlafes von Menschen ebenfalls die niedrigste HR fest. Während des NREM- und REM-Schlafes konnte eine signifikant niedrigere HR festgestellt werden als im wachen Zustand. KOELLA (1973) führt die Verlangsamung der HR während des Schlafens auf einen zunehmenden Einfluss des Parasympathikus zurück.

SD 1 und RMSSD waren während des wachen Zustandes signifikant niedriger als im dösenden Zustand. RMSSD und SD 1 reflektieren Änderungen in der HRV, die vor allem durch den Parasympathikus verursacht werden (KLEIGER ET AL., 1995; TULPPO ET AL., 1996). Sinkende Werte deuten bei RMSSD auf einen sinkenden Einfluss des Parasympathikus hin (MOHR ET AL., 2002). Gleichermaßen verhält es sich bei SD 1 – niedrige Werte deuten auf einen geringeren Einfluss des Parasympathikus hin (HANSEN, 1999). Das bedeutet für die vorliegende Untersuchung, dass während des wachen Zustandes die parasympathische Aktivität am geringsten war. Auffallend war, dass während des dösenden Zustandes der höchste parasympathische Einfluss festzustellen war und nicht während des Schlafens. Damit waren die Sauen im dösenden Zustand am entspanntesten.

Bei der Auswertung der HRV im frequenzbezogenen Bereich zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede. Bei LF und HF unterschieden sich die Phasen NREM/REM vom wachen Zustand, bei LF/HF unterschied sich REM vom wachen Zustand signifikant. Der parasympathische/sympathische Einfluss war während des Schlafens größer/kleiner, als im wachen Zustand. Der niedrigste sympathische und höchste parasympathische Einfluss war während des NREM-Schlafes zu beobachten. Umgekehrt war während des wachen Zustandes der

sympathische Einfluss am höchsten und der parasympathische am niedrigsten. Die Ergebnisse dieser Studie entsprechen den Angaben aus der Literatur zum menschlichen Schlaf (VANOLI ET AL., 1995; BONNET UND ARAND, 1997; SCHOLZ ET AL., 1997; FERRI ET AL., 2000; TSUNODA ET AL., 2001; PARMEGGIANI, 2005; VERRIER ET AL., 2005). Für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Tiere spricht die gleiche funktionale Steuerung des Parasympathikus bei allen Säugetieren (PORGES, 1995).

Betrachtet man die Ergebnisse in Abhängigkeit von den verschiedenen Analysemethoden (Zeit-, Frequenz- oder Geometrische Domäne), so zeigt sich, dass der höchste parasympathische Einfluss bei der Geometrischen und Zeitbezogenen Auswertung während des Dönsens beobachtet werden konnte, bei der Frequenzbezogenen Auswertung hingegen während des NREM-Schlafes.

6. Schlussfolgerungen

Aus der vorliegenden Arbeit können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Die Verteilung der Schlafphasen entspricht in der Größenordnung den Angaben aus der Literatur. Die Verhaltensbeobachtung stellt daher eine geeignete Methode dar, um die jeweilige Schlafphase zu bestimmen.
- Das Haltungssystem beeinflusste das Ruhe-/Schlafverhalten von Sauen. Sauen, die in Freilaufbuchten gehalten wurden, verbrachten mehr Zeit mit Ruhen im Wachzustand. Diese Sauen zeigten mehr Anteil am Geschehen in der Umwelt und beobachteten ihre Umwelt aufmerksamer. Schweine sind Tiere, die unter natürlichen Bedingungen ihre Umwelt genau beobachten und erkunden, um auf Veränderungen schnell reagieren zu können. Die Ausübung dieses arttypischen Verhaltens wurde in den Freilaufbuchten häufiger gezeigt, was darauf hindeutet, dass dieses System auch im Hinblick auf diesen Parameter einen Beitrag zu einer tiergerechten Schweinehaltung leistet.
- Die HR war bei den Sauen, die in Kastenständen gehalten wurden, tendenziell höher, was auf einen höheren sympathischen Einfluss hindeutet und damit eine größere Stressbelastung der Sauen in diesem Haltungssystem bedeuten könnte. Allerdings konnten die Ergebnisse statistisch nicht abgesichert werden. Physiologische Unterschiede in der Herzaktivität von Sauen, die in verschiedenen Haltungssystemen gehalten wurden, waren also nur wenig deutlich - möglicherweise bedingt durch die zu geringe Stichprobengröße.
- Um Aussagen über das Wohlbefinden von Sauen durch HR- und HRV-Messungen machen zu können, wären weitere, insbesondere längerfristige, Untersuchungen notwendig. Auch die Bedeutung unterschiedlicher NREM- bzw. REM-Anteile für das Wohlbefinden der Tiere ist derzeit nicht klar; dies erfordert ebenfalls weiterführende Untersuchungen.

7. Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, das Ruhe-/Schlafverhalten von Sauen in verschiedenen Abferkelbuchten anhand von ethologischen Kriterien und Parametern der Herzaktivität zu untersuchen. Im ersten Teil wurden insgesamt 32 Sauen in vier verschiedenen Haltungssystemen (zwei Freilaufbuchten, zwei Kastenstandssysteme) an je zwei aufeinander folgenden Tagen in der Hochträchtigkeit bzw. der Frühaktation direkt beobachtet. Anhand von Verhaltensmerkmalen wie Liegeposition und Zuckungen an Gliedmaßen, Augen, Rüssel und Rumpf wurde auf die Schlafphase geschlossen. Im zweiten Teil wurden wiederum an zwei aufeinander folgenden Tagen Parameter der Herzaktivität an insgesamt 11 Sauen in der ersten Laktationswoche erhoben, die in einer Freilaufbucht bzw. einem Kastenstandssystem gehalten wurden. Sauen in Freilaufbuchten zeigten mehr Wachphasen als Sauen in Kastenständen, und tragende Sauen wiesen mehr NREM-Phasen während der Beobachtungszeit auf als laktierende. Bezüglich Herzfrequenz und Herzschlagvariabilität lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen vor. Während NREM- und REM-Phasen war die Herzfrequenz geringer als in Wachphasen. RMSSD und SD1 fielen in Wachphasen geringer aus als in Phasen des Dösens. Der HF-Wert/LF-Wert war während der Wachphasen niedriger/höher als in NREM- und REM-Phasen. Das LF/HF-Verhältnis war in Wachphasen signifikant höher als in REM-Phasen. Aussagen über die Bedeutung unterschiedlicher NREM- bzw. REM-Anteile für das Wohlbefinden der Tiere lassen sich derzeit nicht treffen; dies erfordert weiterführende Untersuchungen.

8. Abstract

It was the aim of this study to investigate resting and sleep in sows with regard to behaviour and cardiac activity. First, in total 32 sows in four different farrowing systems (two farrowing pens, two farrowing crates) were directly observed on two consecutive days during both late pregnancy and in early lactation. Behavioural parameters such as lying position and twitches of legs, eyes, trunk and body were used to determine the sleep phases. In the second part of the study, cardiac activity was assessed on two consecutive days in 11 early lactating sows, which were kept in a farrowing pen and a farrowing crate, respectively. Sows in farrowing pens showed less sleep phases; pregnant sows had higher proportions of NREM sleep. There were no differences between housing systems with regard to heart rate and heart rate variability. Heart rate during NREM and REM was lower than during being awake. RMSSD and SD1 were lower during waking than during drowsing. HF n.u./LF n.u. during waking were lower/higher than during NREM and REM. The LF/HF ratio was higher during waking than during REM. A statement concerning the well-being of the sows could not be made at present. That would require more, particularly long-term investigations.

9. Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinen Eltern und meiner Großmutter bedanken, die mir das Studium ermöglicht haben. Sie haben mich bei all meinen Ideen unterstützt und standen immer hinter mir.

Meinem Freund möchte ich für die konstruktive Kritik und die mentale Unterstützung während meines Studiums danken. In krisen- und stressreichen Situation hat er mir immer wieder neue Hoffnung gegeben und mich ermuntert weiter zu machen.

Bei DI Christiane Podiwinsky möchte ich mich vor allem für die Zeit bedanken, die sie für mich aufgewandt hat. Egal ob im Versuchsstall, bei den statistischen Auswertung oder sonstigen Fragen – sie hatte stets ein offenes Ohr für mich und stand mir mit Rat und Tat zur Seite.

Bei Dr. Christoph Winckler möchte ich mich für die gute Betreuung bedanken und für die Möglichkeit, meine Diplomarbeit auf einer wissenschaftlichen Tagung vorstellen zu dürfen.

Dr. Marlies Dolezal und Dr. Roswitha Baumung möchte ich für den Beistand bei den statistischen Auswertungen danken.

Weiter möchte ich mich bei den Betreibern des Versuchsstalles in Gießhübl bedanken, die mir ermöglichten meine Beobachtungen vor Ort durchzuführen.

10. Abkürzungen

| | |
|-------|-----------------------|
| | <i>Haltungssystem</i> |
| FS I | Freilaufsystem I |
| FS II | Freilaufsystem II |
| KS I | Kastenstandsystem I |
| KS II | Kastenstandsystem II |
| | <i>Schlaf</i> |
| REM | Rapid Eye Movement |

| | |
|-------|--|
| NREM | Non-Rapid Eye Movement |
| | <i>Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität</i> |
| HR | Herzfrequenz |
| HRV | Herzfrequenzvariabilität |
| HF | High Frequency |
| LF | Low Frequency |
| LF/HF | Verhältnis Low Frequency zu High Frequency |
| RMSSD | Root Mean Square Standard Deviation |
| SD 1 | Standard Deviation |

11. Quellenverzeichnis

- Akselrod, S. 1995. Components of heart rate variability. Basic Studies. In: Malik, M., Camm, A.J. Heart rate variability. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 156.
- Aldredge, J.L., Welch, A.J. 1973. Variations of heart rate during sleep as a function of the sleep cycle. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 35: 193-198.
- Allison, T., Cicchetti, D.V. 1976. Sleep in mammals: Ecological and constitutional correlates. *Science*, 194: 732-734.
- Bach, V., Telliez, F., Libert, J.P. 2002. The interaction between sleep and thermoregulation in adults and neonates. *Sleep Medicine Reviews*, 6: 481-492.
- Balch, C.C. 1955. Sleep in ruminants. *Nature*, 175: 940-941.
- Baumgartner, J., Winckler C., Quendler, E., Ofner, E., Zentner, E., Schmoll, F., Betz, C., Koller, M., Winkler, U., Podiwinsky, C., Martetschläger, R., Finotti, E., Bukovsky, C., Troxler, J. 2005. Beurteilung von serienmäßig hergestellten Abferkelbuchten in Bezug auf Verhalten, Gesundheit und biologische Leistung der Tiere sowie in Hinblick auf Arbeitszeitbedarf und Rechtskonformität. 1. Zwischenbericht zum Forschungsprojekt Nr. 1437, BMLFUW, GZ.LE.1.3.2/2003-II/1/2005. Seite 5 ,6, 7, 8.
- Bernardi, L., Wdowcyk-Szulc, J., Valenti, C., Castoldi, S., Passiono, C., Spadacini, G., Sleight, P. 2000. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability. *Journal of the American College of Cardiology*, 35: 1462-1469.
- Bigger, J.T., Breithardt, G., Camm, A.J., Cerutti, S., Cohen, R.J., Coumel, P., Fallen, E.L., Kennedy, H.L., Kleiger, R.E., Lombardi, F., Malik, M., Malliani, A., Moss, A.J., Rottman, J.N., Schmidt, G., Schwartz, P.J., Singer, D.H. 1996. Heart rate variability. Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17: 354-381.
- Blyton, D.M., Sullivan, C.E., Edwards, N. 2002. Lactation is associated with an increase in slow-wave sleep in women. *Journal of Sleep Research*, 11: 297-303.
- Bogner, H., Grauvogl A. 1984. Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart. Ulmer Verlag. Seite 103, 113,115, 150, 189, 272, 274, 275, 348, 350.
- Bonnet, M.H., Arand, D.L. 1997. Heart rate variability: sleep stage, time of night, and arousal influences. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 102: 290-396.

- Boyle, L.A., Leonard, F.C., Lynch, P.B., Brophy, P. 2000. Influence of housing system during gestation on the behaviour and welfare of gilts in farrowing crates. *Animal Science*, 71: 562-570.
- Breitenbach, C. 2003. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität und das kardiovaskuläre Regulationsverhalten. Digitale Dissertation. FU Berlin. Seite 23,24.
- Broom, D.M., Johnson, K.G. 1993. *Stress and Animal Welfare*. London. Chapman & Hall. Seite 115.
- Cerutti, S., Bianchi, A.M., Mainardi, L.T. 1995. Spectral analysis of the heart rate variability signal. In: Malik, M., Camm, A.J. *Heart rate variability*. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 64.
- Coumel, P., Maison-Blanche, P., Catuli, D. 1995. Heart rate and heart rate variability. In: Malik, M., Camm, A.J. *Heart rate variability*. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 207.
- Costa e Silva, J.A. 2006. Sleep disorders in psychiatry. *Metabolism Clinical and Experimental*, 55 (Suppl 2): 40-44.
- Dallaire, A., Ruckebusch, Y. 1974a. Sleep and wakefulness in the housed pony under different dietary conditions. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 38: 65-71.
- Dallaire, A., Ruckebusch, Y. 1974b. Sleep patterns in the pony with observations on partial perceptual deprivation. *Physiology & Behavior*, 12: 789-796.
- Damm, B.I., Lisborg, L., Vestergaard, K.S., Vanicek, J. 2003. Nest building, behavioural disturbances and heart rate in farrowing sows kept in crates and Schmid pens. *Livestock Production Science*, 80: 175-187.
- De Jong, I.C., Sgoifo, A., Lambooj, E., Korte, S.M., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M. 2000. Effects of social stress on heart rate and heart rate variability in growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 80: 273-280.
- Dewasmes, G., Cohen-Adad, F., Koubi, H., Le Maho, Y. 1985. Polygraphic and behavioral study of sleep in geese: existence of nuchal atonia during paradoxical sleep. *Physiology & Behavior*, 35: 67-73.
- Elgar, M. A., Palger, M. D., Harvey, P. H. 1988. Sleep in mammals. *Animal Behaviour*, 36: 1407-1419.

- Engelhardt, W. V., Breves, G. 2000. Physiologie der Haustiere. Stuttgart 2000. Enke im Hippokrates Verlag GmbH. Seite 102.
- Fallen, E.L, Kamath, M.V. 1995. Circadian Rhythms of Heart Rate Variability. In: Malik, M., Camm, A.J. Heart rate variability. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 299.
- Ferri, R., Parrino, L., Smerieri, A., Terzano, M.G., Elia, M., Musumeci, S.A., Perrinato, S. 2000. Cyclic alternating pattern and spectral analysis of heart rate variability during normal sleep. *Journal of Sleep Research*, 9: 13-18.
- Fraser, A.F, Broom, D.M. 1997. Farm animal behaviour and welfare. United Kingdom. CAB International. 3. Auflage. Seite 145.
- Fölsch, D.W., Hoffmann, R. 1999. Artgemäße Hühnerhaltung: Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. Bad Dürkheim. Stiftung Ökologie & Landbau. Seite 56.
- Gaillard, J.M., 1980. Electrophysiological semeiology of sleep. *Experientia*, 36: 3-6.
- Galland, B., Peebles, C., Bolton, D., Taylor, B., 1993. Sleep state organization in the developing piglet during exposure to different thermal stimuli. *Sleep*, 16: 610-619.
- Gebhard, H., Kampmann, B., Müller, B.H. 2007. Arbeits- und Erwärmungsphasen in wärmebelasteten Arbeitsbereichen. Dortmund/Berlin/Dresden. Forschung Projekt F 1860. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Gerigk, B., Lyhs, L. 1986. Einschlafvorgang beim Schwein. *Monatshefte für Veterinärmedizin*, 41: 441-443.
- Geverink, N.A., Schouten, W.G.P., Gort, G., Wiegant, V.M. 2003. Individual differences in behaviour, physiology and pathology in breeding gilts housed in groups or stalls. *Applied Animal Behaviour Science*, 81: 29-41.
- Glotzbach, S.F., Heller, H.C. 1976. Central nervous regulation of body temperature during sleep. *Science*, 194: 537-539.
- Hainsworth, R. 1995. The control and physiological importance of heart rate. In: Malik, M., Camm, A.J. Heart rate variability. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 3,6.
- Hall, M., Vasko, R., Buysse, D., Ombao, H., Chen, Q., Cashmere, D., Kupfer, D., Thayer, J.F. 2004. Acute stress affects heart rate variability during sleep. *Psychosomatic Medicine*, 66: 56-62.

- Hansen, S. 1999. Kurz- und langfristige Änderungen von Herzschlagvariabilität und Herzschlagfrequenz als Reaktion auf Veränderungen in der sozialen Umwelt (Gruppierung und Grooming-Simulation) von Hausschweinen. Halle-Wittenberg. Dissertation. Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität. Seite 73, 94.
- Harris, M.J., Pajor, E.A., Sorrells, A.D., Eicher, S.D., Richert, B.T., Marchant-Forde, J.N. 2006. Effects of stall or small group gestation housing on the production health and behaviour of gilts. *Livestock Science*, 102: 171-179.
- Haßenberg, L. 1965. Ruhe und Schlaf bei Säugetieren: ein Beitrag zur Verhaltensforschung. Wittenberg-Lutherstadt. Ziemsen Verlag. Seite 5, 6, 23.
- Hediger, H. 1980. The biology of natural sleep in animals. *Experientia*, 36: 13-16.
- Hillmann, E., Furger, M., Roth, B., Stauffacher, M. 2007. Lassen Veränderungen von Herzfrequenz und –variabilität während des Saugens bei Aufzuchtältern auf einen Beruhigungseffekt schliessen? Münster-Hiltrup. KTBL-Schrift 461. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH. 33-41.
- Hishikawa, Y., Cramer, H., Kuhlo, W., 1969. Natural and Melatonin-induced sleep in young chickens – a behavioral and electrographic study. *Experimental Brain Research*, 7: 84-94.
- Hörning, B., Raskopf, S., Simantke, C. 1999. Artgemäße Schweinehaltung: Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. Bad Dürkheim. Stiftung Ökologie und Landbau. SÖL. 4. Auflage. Seite 82, 83, 85.
- Houpt, K. 2005. Domestic animal behavior for veterinarians and animal scientists. Ames, Iowa. Blackwell Publishing. 4. Auflage. Seite 90, 91, 96.
- Jensen, P. 2002. The ethology of domestic animals: an introductory text. Wallingford. CAB International. Seite 162.
- Jungbloot, J., Lyhs, L., Schweigel, M., 1989. Zum Einfluss des Schlafes auf den Energieumsatz beim Schwein. *Monatshefte für Veterinärmedizin*, 44: 494-497.
- Kant, G.J., Pastel R.H., Bauman, R.A., Meininger, G.R., Maughan, K.R., Robinson, T.N., Wright, W.L., Covington, P.S. 1995. Effects of chronic stress on sleep in rats. *Physiology & Behavior*, 57: 359-365.
- Karacan, I., Heine, W., Agnew, H. W., Williams, R. L., Webb, W. B., Ross, J. J. 1968. Characteristics of sleep patterns during late pregnancy and postpartum periods. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 101: 579-586.

- Karacan, I., Williams, R. L., Hirsch, C. J., McCaulley, M., Heine, M.W. 1969. Some Implications of the sleep patterns of pregnancy for postpartum emotional disturbances. *British Journal of Psychiatry*, 115: 929-935.
- Kimura, M., Zhang, S., Inoué, S. 1996. Pregnancy-associated sleep changes in the rat. *American Journal of Physiology*, 271: R1063-R 1069.
- Kleiger, R.E., Stein, P.K., Bosner, M.S., Rottman, J.N. 1995. Time-domain measurements of heart rate variability. In: Malik, M., Camm, A.J. *Heart rate variability*. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 35, 36.
- Koella, W.P. 1973. *Physiologie des Schlafes*. Stuttgart. Kohlhammer.
- Koella, W.P. 1984. The organization and regulation of sleep. A review of the experimental evidence and a novel integrated model of the organizing and regulating apparatus. *Experientia*, 40: 309-338.
- Kolb, E. 1989. *Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. Teil II*. Stuttgart. Fischer Verlag, 5. überarbeitete Ausgabe. Seite 912-915.
- Kotrbáček, V., Hönig, Z. 1989a. Thermal environment, sleep and energy metabolism in piglets. *Acta Veterinaria Hungarica*, 58: 185-195.
- Kotrbáček, V., Hönig, Z., 1989b. REM sleep reduces the postprandial increase of heat production in piglets. *Acta Veterinaria Hungarica*, 58: 303-311.
- Kotrbáček, V. 1991. Sleep and activity of piglets weaned into cages. *Acta Veterinaria Hungarica*, 39: 115-120.
- Kuipers, M., Watson, T.S., 1979. Sleep in piglets: an observational study. *Applied Animal Ethology*, 5: 145-151.
- Kupfer, D.J., Foster, F.G., 1972. Interval between onset of sleep and rapid-eye-movement sleep as indicator of depression. *The Lancet* 2, 7779: 684-686.
- Kuwahara, M., Tsujino, Y., Tsubone, H., Kumagai, E., Tsutsum, H., Tanigawa, M. 2004. Effect of pair housing on diurnal rhythms of heart rate and heart rate variability in miniature swine. *Experimental Animals*, 53: 303-309.
- Ladewig, J., Ellendorff, F. 1983. The sleep-waking pattern and behavior of pigs kept in different husbandry systems. In: Schmidt, D. (Hrsg) *Current topics in veterinary medicine and animal science – indicators relevant to farm animal welfare*, 23: 55-60.

- Littlejohn, A. 1972. Equine Recumbency. *The Veterinary Record*, 90: 83-85.
- Mahapatra, A. P. K., Mallick, H. N, Kumar, V. M. 2005. Changes in sleep on chronic exposure to warm and cold ambient temperatures. *Physiology & Behavior*, 84: 287-294.
- Malik, M. 1995. Geometrical Methods for heart rate variability assessment. In: Malik, M., Camm, A.J. *Heart rate variability*. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc. Seite 48.
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., Cerutti, S. 1991. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84: 482-492.
- Marchant-Forde, R.M., Marchant-Forde, J.N. 2004. Pregnancy-related changes in behavior and cardiac activity in primiparous pigs. *Physiology & Behavior*, 82: 815-825.
- Marchant, J.N, Mendl, M.T., Rudd, A.R., Broom, D.M. 1995. The effect of agonistic interactions on the heart rate of group-housed sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 46: 49-56.
- Marchant, J.N., Rudd, A.R. 1993. Differences in heart rate response of feeding between stall-housed and group-houses sows. *Proceedings of the 107th meeting of the British Society of Animal Production*. Seite 423.
- Marchant, J.N., Rudd, A.R., Broom, D.M. 1997. The effects of housing on heart rate of gestating sows during specific behaviours. *Applied Animal Behaviour Science*, 55: 67-68.
- Marchant-Forde, J.N., Bradshaw, R.H., Marchant-Forde, R.M., Broom, D.M. 2003. A note on the effect of gestation housing environment on approach test measure in gilts. *Applied Animal Behaviour Science*, 80: 287-296.
- McCraty, R., Atkinson, M., Tiller, W.A., Rein, G., Watkins, A.D. 1995. The effect of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *The American Journal of Cardiology*, 76: 1089-1093.
- Meddis, R. 1975. On the function of sleep. *Animal Behaviour*, 23: 676-691.
- Mésangeau, D., Laude, D., Elghozi, J.L. 2000. Early detection of cardiovascular autonomic neuropathy in diabetic pigs using blood pressure and heart rate variability. *Cardiovascular Research*, 45: 889-899.
- Mistlberger, R.E., Rusak, B. 2005. Circadian Rhythms in Mammals: Formal Properties and Environmental Influences. In: Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia. Elsevier Saunders. 4. Auflage. 320-334.

- Mohr, E., Langbein, J., Nürnberg, G. 2002. Heart rate variability. A non-invasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiology & Behavior*, 75: 251-259.
- Moody, W.J., Fenwick, D.C., Blackshaw, J.K. 1996. Pitfalls of studies designed to test the effect pets have on the cardiovascular parameters of their owners in the home situation: a pilot study. *Applied Animal Behaviour Science*, 47: 127-136.
- Nicolau, M.C., Akaârîr, M., Gamundi, A., González, J., Rial, R.V. 2000. Why we sleep: the evolutionary pathway to the mammalian sleep. *Progress in Neurobiology*, 62: 379-406.
- Nishihara, K., Horiuchi, S., Eto, H., Uchida, S., Honda, M. 2004. Delta and theta power spectra of night sleep EEG are higher in breast-feeding mothers than in non-pregnant women. *Neuroscience Letters*, 368: 216-220.
- Nishina, H., Honda, K., Okai, T., Kozuma, S., Inoué, S., Taketani, Y. 1996. Characteristic changes in sleep patterns during pregnancy in rats. *Neuroscience Letters*, 203: 5-8.
- Omelko, M., Schneeberger, W. 2004. *Praxis der Schweinehaltung in Österreich. Ländlicher Raum* 4.
- Ookawa, T., Gotoh, J. 1964. Electroencephalographic study of chickens: periodic recurrence of low voltage and fast waves during behavioural sleep. *Poultry Science*, 43: 1603-1604.
- Parmeggiani, P.L., Rabini, C. 1967. Shivering and panting during sleep. *Brain Research*, 6: 789-791.
- Parmeggiani, P. L. 2005. Physiologic Regulation in Sleep. In: Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia. Elsevier Saunders. 4. Auflage. 185-191.
- Penzlin, H. 2005. *Lehrbuch der Tierphysiologie*. München. Elsevier, Spektrum, Akademischer Verlag. Seite 594, 595, 596.
- Porges, S.W. 1995. Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology*, 32: 301-318.
- Reefmann, N., Bütikofer, F., Stauffacher, M., Wechsler, B., Gygax, L. 2007. Ethophysiologische Erfassung emotionaler Valenz bei Schafen in positiv-negativ Kontrastsituationen. Münster-Hiltrup. KTBL-Schrift 461. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH. 115-124.

- Rietmann, T.R., Stuart, A.E.A., Bernasconi, P., Stauffacher, M., Auer, J.A., Weishaupt, M.A. 2004. Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Applied Animal Behaviour Science*, 88: 121-136.
- Rist, M. 1999. Artgemäße Rinderhaltung: Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. Bad Dürkheim. Stiftung Ökologie & Landbau. 4. Auflage. Seite 52.
- Robert, S., Dallaire, A. 1986. Polygraphic analysis of the sleep-wake states and the REM sleep periodicity in domesticated pigs. *Physiology & Behavior*, 37: 289-293.
- Ruckebusch, Y. 1962. Evolution post-natale du sommeil chez les ruminants. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales*, 156: 1869-1873.
- Ruckebusch, Y. Morel, M.T., 1968. Etude polygraphique du sommeil chez le Porc. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales*, 162: 1346-1354.
- Ruckebusch, Y., Barbey, P., Guillemot, P. 1970. Les états de sommeil chez le Cheval (*Equus caballus*). *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales*, 164: 658-665.
- Ruckebusch, Y., Bell, F.R. 1970. Étude polygraphique et comportementale des états de veille et de sommeil chez la vache (*Bos taurus*). *Annales de recherches vétérinaires*, 1: 41-62.
- Ruckebusch, Y. 1972. The relevance of drowsiness in the circadian cycle of farm animals. *Animal Behaviour*, 20: 637-643.
- Ruckebusch, Y. 1974. Sleep deprivation in cattle. *Brain Research*, 78: 495-499.
- Ruckebusch, Y., Dougherty, R.W., Cook, H.M. 1974. Jaw movements and rumen motility as criteria for measurement of deep sleep in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 35: 1309-1312.
- Ruckebusch, Y. 1975. The hypnogram as an index of adaptation of farm animals to changes in their environment. *Applied Animal Ethology*, 2: 3-18.
- Ruckebusch, Y. 1984. Les états de veille et sommeil chez les animaux domestiques: cas de ruminants. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 53: 358-365.

- Samraus, H.H. 1978. Nutztierethologie: das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere; eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Berlin. Verlag Paul Parey. 1. Auflage. Seite 115, 118, 119, 202, 230, 232, 263, 264.
- Santiago, J.R., Nollado, M.S., Kinzler, W., Santiago, T.V. 2001. Sleep and sleep disorders in Pregnancy. *Ann. Intern. Med.*, 134: 396-408.
- Schmidt, R.F. (2000) *Physiologie des Menschen*. Berlin. Springer-Lehrbuch. 28. Auflage. Seite 147, 150, 151.
- Scholz, U.J., Bianchi, A.M., Cerutti, S., Kubicki, S. 1997. Vegetative background of sleep: Spectral Analysis of the heart rate variability. *Physiology & Behavior*, 62: 1037-1043.
- Schouten, W., Rushen, J., De Passillé, A.M.B. 1991. Stereotypic behavior and heart rate in pigs. *Physiology & Behavior*, 50: 617-624.
- Seefeld, H.V., Wittke, G., Krzywanek, H. 1972. Respiratorische, zirkulatorische und rumenmotorische Veränderungen im Tiefschlaf des Rindes. *Zentralblatt für Veterinärmedizin*, 19: 353-362.
- Shinkoda, H., Matsumoto, K., Park, Y.M. 1999. Changes in sleep-wake cycle during the period from late pregnancy to puerperium identified through the wrist actigraph and sleep logs. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 53: 133-135.
- Siegel, J.M., Harper, R.M. 1996. Sleep. In: Gregor, R., Windhorst, U. *Comprehensive Human Physiology: from cellular mechanisms to integration*. Berlin. Springer Verlag. 1183-1197.
- Siegel, J.M. 2005. REM Sleep. In: Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. *Principles and practice of sleep medicine*. Philadelphia. Elsevier Saunders. 4. Auflage. 120-135.
- Sinha, R.K., Ray, A.K. 2006. Sleep-wake study in an animal model of acute and chronic heat stress. *Physiology & Behavior*, 89: 364-372.
- Steiger, A. 2003. Sleep and endocrinology. *Journal of Internal Medicine*, 254: 13-22.
- Thielscher, H.H. 1986. Das Herz/Kreislaufsystem bei freilaufenden Schweinen der deutschen Landrasse. *Tierärztliche Umschau*, 41: 330-336.
- Toutain, P.L., Ruckebusch, Y. 1973. Sommeil paradoxal et environment. *Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et de ses Filiales*, 167: 550-554.

- Tsunoda, M., Endo, T., Hashimoto, S., Honma, S., Honma, K.I. 2001. Effect of light and sleep stages on heart rate variability in humans. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 55: 285–286.
- Tulppo, M.P., Mäkikallio, T.H., Takala, T.E.S., Seppänen, T., Huikuri, H.V. 1996. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American Journal of Physiology*, 271: H244-H252.
- Van Luijcklaar, E.L.J.M., Van der Grinten, C.P.M., Blokhuis, H.J., Coenen, A.M.L. 1987. Sleep in the domestic hen (*Gallus domesticus*). *Physiology & Behavior*, 41: 409-414.
- Vanoli, E., Adamson, P.B., Ba-Lin, Pinna, G.D., Lazzara, R., Orr, W.C. 1995. Heart rate variability during specific sleep stages. *Circulation*, 91: 1918-1922.
- Verrier, R., Harper, R.M., Hobson, J.A. 2005. Cardiovascular Physiology: Central and Autonomic Regulation. In: Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. Principles and practice of sleep medicine. Philadelphia. Elsevier Saunders. 4. Auflage. 192-202.
- Von Borell, E., Von Lengerken, G., Rudovsky, A. 2002. Tiergerechte Haltung von Schweinen. In: Methling, W. Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleitieren. Berlin, Wien. Parey. Seite 336, 354.
- Von Borell, E., Langbein, J., Depres, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J., Marchant-Forde, R., Minero, M., Mohr, E., Prunier, A., Valance, D., Veissier, I. 2007. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – a review. *Physiology & Behavior*, 92: 293-316.
- Weikel, J. 2005. Untersuchungen zum Einfluss von Ghrelin auf das Schlaf-EEG und die assoziierte nächtliche Hormonaktivität bei gesunden Probanden. Dissertation. Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität. München. Seite 11.
- Witte, E. 2001. Herzfrequenzvariabilität beim Pferd in Ruhe und nach Belastung. Berlin. Dissertation. Seite 22.
- Wöhr, A.C., Erhard, M. 2006. Polysomnographische Untersuchungen zum Schlafverhalten des Pferdes. Münster-Hiltrup. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH. KTBL-Schrift, 448: 127-135.
- Zepelin, H., Siegel, J.M., Tobler, I. 2005. Mammalian Sleep. In: Kryger M.H., Roth T., Dement W.C. Principles and practice of sleep medicine. Philadelphia. Elsevier Saunders. 4. Auflage. 91-100.
- Zimmermann, C., Pfeiffer, H. 2007. Schlafstörungen bei Depression. *Nervenarzt*, 78:21-30.

Internetquellen:

Mueller, M. 2006. <http://de.wikipedia.org/wiki/Hypnogramm>. 10.12.2007. 21:00. Suchbegriff: Hypnogramm.

Bachmann., H. 2002. Pathogenese tachykarder Herzrhythmusstörungen. 31.07.2007. 11:45. www.cardio-med.de/pdf/PathoHRST.pdf.

12. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 2.1: Korrelation zwischen Hirngewicht bei der Geburt und Dauer des REM-Schlafes (ZEPELIN ET AL., 2005; verändert) | 7 |
| Abbildung 2.2: Schlafprofil eines Menschen (MUELLER, 2006)..... | 9 |
| Abbildung 2.3: Aktivitäts- und Schlafprofil eines Ferkels innerhalb einer 24 Stunden Periode (RUCKEBUSCH UND MOREL, 1968; verändert)..... | 10 |
| Abbildung 2.4: REM–Schlaf beim Ferkel: der verringerte Muskeltonus ist gut erkennbar. .. | 14 |
| Abbildung 3.1: Grundriss des Abferkelbereiches (vereinfacht) | 22 |
| Abbildung 3.2: Beobachtungsformular | 28 |
| Abbildung 4.1: Auswirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz (Schläge/min; dargestellt in grafischer Form) | 37 |

13. Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 2.1: Dauer verschiedener Wach-/Schlafstadien innerhalb einer 24-h bzw. 12/10-h Periode für landwirtschaftliche Nutztiere (RUCKEBUSCH, 1972) | 11 |
| Tabelle 2.2: Schlaf- und Wachverteilung innerhalb von 24 Stunden bei landwirtschaftlichen Nutztieren..... | 12 |
| Tabelle 2.3: Beschreibung der HRV Parameter in den verschiedenen Domänen | 18 |
| Tabelle 3.1: Kurzbeschreibung der untersuchten Abferkelsysteme (BAUMGARTNER ET AL., 2005; verändert)..... | 23 |
| Tabelle 3.2: Schadgaskonzentrationen im Tierbereich während der Untersuchungen (Durchschnittswerte) | 24 |
| Tabelle 3.3: Definitionen der aufgenommenen Parameter..... | 26 |
| Tabelle 4.1: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen in den verschiedenen Haltungssystemen (in %)..... | 32 |
| Tabelle 4.2: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen unter Einfluss des physiologischen Zustandes (in %) | 32 |
| Tabelle 4.3: Anteil der Schlaf-/Aktivitätsphasen unter Einfluss des Monats (in %) | 33 |
| Tabelle 4.4: p-Werte für verschiedene Einflussfaktoren auf verschiedene Parameter der Herzaktivität (Wald Statistics, Typ 3 GEE Analysis) | 33 |
| Tabelle 4.5: Parameter der Herzaktivität in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren .. | 35 |