

**Aus dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee**

**Martin Steinhardt**

**Aktivitätsperioden und Rhythmizität physiologischer Variablen von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung : Herzfrequenz, Aktivitäts- und Ruheperioden während der Anpassung der Tiere an die Weidehaltung**

Manuskript, zu finden in [www.fal.de](http://www.fal.de)

Published in: Landbauforschung Völkenrode 51(2001)3,  
pp. 109-119

**Braunschweig  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
2001**

## **Aktivitätsperioden und Rhythmizität physiologischer Variablen von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung**

### **Herzfrequenz, Aktivitäts- und Ruheperioden während der Anpassung der Tiere an die Weidehaltung**

Martin Steinhardt <sup>1</sup>

#### **Zusammenfassung**

An Saugkälbern der Mutterkuhhaltung (7 Deutsche Rotbunte, 1 Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, sämtlich weibliche Tiere) wurden im Verlaufe der Weidehaltung wiederholt Langzeitmessungen der Herzfrequenz (HF) mit dem Polar Sport Tester vorgenommen. Mit Hilfe der HF-Kurven konnten Anzahl und Dauer von Aktivitäts- und Ruheperioden ermittelt, HF-Kennwerte für diese (HFA und HFR) errechnet und für Tageszeitbereiche von 3 Std. analysiert werden. HFA und HFR unterschieden sich an allen Untersuchungspunkten hoch signifikant. Die mittleren HFA und auch HFR zwischen den Untersuchungspunkten waren in vielen Fällen sicher unterschiedlich. HFA und HFR der Tageszeitbereiche änderten sich regulär, die Mittelwerte unterschieden sich an einigen Alterspunkten zwischen den Tageszeitbereichen sicher. Für die Abweichungen der HF vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung konnten sowohl für HFA als auch für HFR sichere Unterschiede zwischen den Tageszeitbereichen von 3 Std. an den Untersuchungspunkten mit Ausnahme von UP1 nachgewiesen werden. Die Abweichungen der HFA im Tagesverlauf wiesen im Verlaufe der Weideperiode unterschiedliche Perioden auf. Die Abweichungen der HFR im Tagesverlauf näherten sich mehr einer circadianen Periodik, deren Phase sich im Verlaufe der Anpassung und Entwicklung der Tiere änderte. Die Dauer der Aktivitätsperioden (ZDA) und der Ruheperioden (ZDR) zeigten rhythmische Änderungen im Tagesverlauf. Die Häufigkeit längerer ZDA und ZDR verlagerte sich im Tagesverlauf während der Weideperiode. ZDA und ZDR variierten beträchtlich und unterschieden sich im Mittel nicht zwischen den Untersuchungspunkten. Die Mittelwerte von ZDA und ZDR der Tageszeitbereiche unterschieden sich an allen Untersuchungspunkten sicher.

*Schlüsselworte:* Saugkälber, Aktivitätsperioden, Ruhezeiten, Herzfrequenz, circadianer Rhythmus, Anpassung

#### **Abstract**

**Activity periods and rhythmicity of physiological variables in calves and young cattle from a suckler herd.**  
Heart rate, activity and rest times of the animals at pasture

On suckler calves from the mother cow herd (7 German Red Pied, 1 German Black Pied, all female animals) long term heart rate recordings were taken repeatedly using Polar Sport Tester. From the recordings the number and duration of activity and rest periods could be established, for which characteristic heart rate values were calculated (HFA and HFR) and analysed for daytime periods of three hours duration. Mean HFA and HFR were significantly different at all test points. Mean HFA and HFR were different between the investigation points and in some cases this was sure. HFA and HFR changed regularly with daytime and mean values of HFA and HFR between daytime periods were significantly different only at some investigation points. There were small cycles of variation of HFA within 24 h overlapping the circadian rhythm. Deviations of HFR within the course of a day followed a circadian rhythm that changed the phase with advanced development of the calves and with adaptation of the animals. Mean deviations of HFA and HFR from the individual daytime recording showed significant differences between the daytime periods. The duration of activity periods (ZDA) and especially that of rest periods (ZDR) changed rhythmically within the course of the day. Occurrence of long lasting ZDA and long lasting ZDR at special daytime changed with the time the animals were on pasture. ZDA and ZDR varied markedly and the mean values were not significantly different between the test points. Mean ZDA and ZDR were significantly different between the daytime periods at all investigation points.

*Key words:* Suckler calves, activity periods, rest times, heart rate, diurnal rhythm, adaptation

<sup>1</sup> Institut für Tierzucht und Tiervershalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Höltzstraße 10, 31535 Neustadt

## 1 Einleitung

Die Rhythmizität der Funktionen und physiologischer Variablen ist hinsichtlich der tiergerechten Haltung und des Wohlbefindens von Nutztieren, der Entwicklungsqualität der Tiere und der Optimierung ihrer Leistungsfähigkeit von Interesse. Das Aktivitätsniveau der Tiere wird durch viele Faktoren bestimmt, die nur schwer gänzlich zu kontrollieren sind. Einige dieser Faktoren ändern sich beim Tier und in dessen Umgebung in hohem Grade beim Übergang von der Stall- zur Weidehaltung. Während der Winterstallhaltung wiesen die Aktivitäts- und Ruheperioden eine beträchtliche Variation auf, eine circadiane Periodik der HF konnte bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung im Verlaufe der frühen Aufzuchtperiode nicht sicher nachgewiesen werden (Steinhardt und Thielscher 2000, 2001a,b). Eine infradiane Periodik schien während dieser Entwicklungsperiode und unter den spezifischen Haltungsbedingungen vorherrschend zu sein und eine circadiane Periodik zu überlagern. Untersuchungen an Saugkälbern der Mutterkuhhaltung im Verlaufe der Weideperiode liegen anscheinend nicht vor. Trächtige und nicht trächtige Färsen wiesen während der Weidehaltung einen ausgeprägten circadianen Rhythmus der Herzfrequenz (HF) und der Aktivitätsperioden auf (Steinhardt und Thielscher, 2000a,b). In der vorliegenden Untersuchung wurde geprüft, wie sich die Herzfrequenz (HF) und die motorische Aktivität der Saugkälber und Jungtiere im Verlaufe der Anpassung an die Weidehaltung änderten. Dazu sind im ersten Ansatz 8 jüngere Saugkälber aus der Mutterkuhherde an zwei Tagen der Woche während der gesamten Weideperiode wiederholt untersucht worden. Folgende Fragen waren von Interesse:

1. Wie ist die Aktivitätsperiodik der Saugkälber während der Weidehaltung bei kontinuierlicher Registrierung zu charakterisieren und wie verändern sich die HF-Kennwerte der Tiere im Verlaufe eines Tages?
2. Lässt sich bei Saugkälbern während der Weidehaltung eine circadiane Rhythmik der HF nachweisen?
3. Welche Änderungen sind an der Aktivitätsperiodik und an der HF durch die Anpassung an die Weidehaltung festzustellen?

## 2 Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden an Saugkälbern der Mutterkuhherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian, DHF; Deutsche Rotbunte, DRB) während der Weideperiode 2000 vorgenommen und betrafen 8 weibliche Tiere, die in der Zeit zwischen dem 25.11.1999 und dem 24.02.2000 geboren waren (7 DRB, 1 DSB). Der Übergang zur Weidenutzung begann am 20.04.2000 und die gänzliche Weidehaltung der Herde seit dem 02.05.2000. Dauergrünland wurde als Umtriebsweide genutzt. Tierbesatz und Umtrieb erfolgten so, dass eine gut bemessene Futterverfügbarkeit für die Tiere gewährleistet war. Die gesamte

Herde (27 Muttertiere und 27 Jungtiere) wurde an 3 Wochentagen zwischen 07.00 Uhr und 08.00 Uhr von der Weide in den Boxenlaufstall geholt, wo 8 Tiere in einem Stallbereich, der als Kälberschlupf genutzt wurde, an einem Halsgurt fixiert worden waren. Nach Anlegen der Herzfrequenzmesseinrichtung bei den 8 Saugkälbern (Dauer insgesamt etwa 60 bis 70 min) kamen die Tiere wieder auf die Weideflächen. In die Untersuchungen wurden nur Tiere einbezogen, die klinisch unauffällig und nicht einer besonderen Behandlung ausgesetzt waren.

Die Messung der HF wurde mit dem Polar Sport Tester (Herzfrequenz Computer von Polar Electro OY, Kempele, Finnland) vorgenommen. Das Gerät besteht aus 3 Teilen: Empfänger, Sender und Brustgurt. Der Empfänger von der Größe einer Armbanduhr ermöglicht die Speicherung der HF in Intervallen von 5, 15 und 60 sec und die Einstellung von Grenzwerten sowie Alarmzeichen. Die gespeicherten Daten können mit Hilfe eines Interface auf einen größeren Computer übernommen und dort mit Hilfe einer speziellen Software weiter bearbeitet werden. Der Brustgurt enthält die Elektroden, die die mit der Herzkammerkontraktion verbundenen Potentiale (R-Zacke des Kammerkomplexes) erfassen und zum Sender leiten. Die Zuverlässigkeit der HF-Messung mit dem Polar Sport Tester ist mit Hilfe eines Impulsgenerators im Labor sowie bei der Tierart Rind (10 laktierende Holstein Friesian-Kühe, Alter 2 bis 9

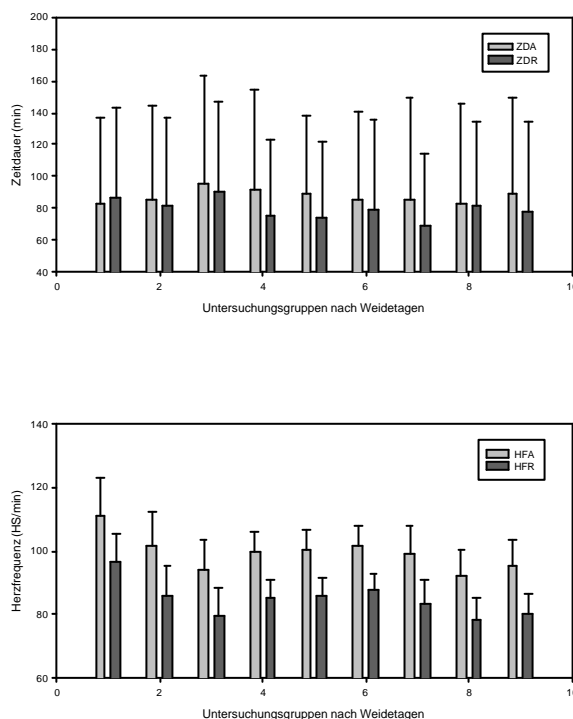


Abb. 1  
Zeitdauer der Aktivitäts- (ZDA) und der Ruheperioden (ZDR) (oberer Teil) und Herzfrequenzkennwerte der Aktivitäts- (HFA) und der Ruheperioden (HFR) an 9 Untersuchungspunkten im Verlaufe der Weidehaltung, MW  $\pm$  SD

Tab. 1

Weidetage und Alter der Saugkälber an 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9), MW, Min, Max

	UP 1	UP 2	UP 3	UP 4	UP 5	UP 6	UP 7	UP 8	UP 9
Weide- tage	15 13 - 19	35 28 - 40	46 41 - 49	65 61 - 70	76 75 - 78	85 81 - 90	96 91 -100	104 102-110	133 113-144
Alter (d)	130 69-166	153 84-187	176 135-194	178 117-215	190 131-223	195 137-234	211 151-243	223 158-275	247 186-287

Jahre) unter Feldbedingungen (Kühe auf einem Laufband und freilaufend im Boxenlaufstall) geprüft worden (Hopster u. Blokhuis, 1994).

Der Empfänger wurde am Brustgurt befestigt. Zum Schutz der Messeinrichtung diente längselastisches Niederband von 20 cm Breite, welches mit Hilfe von aufgenähtem Klettband gesichert werden konnte. Die Aufzeichnung der HF erfolgte in 60-sec-Intervallen über 24 Std. Die HF-Kurven wurden mit einem speziellen Programm bearbeitet und für die Aktivitäts- und Ruheperioden im Tagesverlauf HF-Kennwerte (HFA und HFR) errechnet.

Tab. 2

Übersicht zu den Mittelwertunterschieden der Herzfrequenzkennwerte der Saugkälber in den Aktivitäts- (HFA) und Ruheperioden (HFR) zwischen 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9)

HFA	HFR
UP1 vs UP2 bis UP9	UP2 vs UP3, UP1
UP2 vs UP3	UP3 vs UP4
UP3 vs UP4	UP6 vs UP7, UP5
UP7 vs UP2, UP3, UP6, UP8, UP9	UP7 vs UP8, UP9
UP8 vs UP9	

Tab. 3

Übersicht zu den Mittelwertunterschieden der Herzfrequenzkennwerte (HFA und HFR) und der Abweichungen der Herzfrequenz vom individuellen Mittelwert im Tagesverlauf (DIHFA und DIHFR) sowie der Zeitdauer der Aktivitäts- (ZDA) und der Ruheperioden (ZDR) zwischen 8 Tageszeitbereichen (siehe Material und Methoden) an 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9)

	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5	UP6	UP7	UP8	UP9
<b>HFA</b>				P<0,001 6 vs 2,8,7 7 vs 1,3,4,8 2 vs 1,4	P=0,014 4 vs 7				P=0,035
<b>DIHFA</b>		P<0,001 3 vs 1,4,6	P=0,019 7 vs 3	P<0,001 7 vs 3,4,5,6,8 2 vs 4,6 5 vs 4	P<0,001 4 vs 2,7 7vs 1,8,6	P<0,001 4 vs 1,2,6,7	P=0,013	P=0,001 7 vs 2,3,4	P<0,001 7 vs 1,2,3
<b>ZDA</b>	P<0,001 7 vs 2,3,4,5,6,8	P<0,001 7 vs 1,3,6 3 vs 4,5	P<0,001 7 vs 2,1	P<0,001 7 vs 2,3,4,5,6	P=0,027	P<0,001 7 vs 1,2,4, 1 vs 3,6	P<0,018 7 vs 2,3	P=0,001 7 vs 1,2,3,4,5,6,8 5 vs 1,8	P<0,001 7 vs 1,2,3,5,8
<b>HFR</b>			P=0,001 4 vs 8		P=0,021 4 vs 8	P=0,004 8 vs 3,4			P<0,001 8 vs 2,4,5 4 vs 7
<b>DIHFR</b>		P<0,001 8 vs 4,5,6 1 vs 4,5,6	P<0,001 4 vs 1,8 8 vs 2,3,5,6,7 1 vs 2,3	P<0,001 4 vs 1,2,3,8 5 vs 1,2,3,8 6 vs 1,2,3,8 8 vs 7	P<0,001 8 vs 6,4	P<0,001 4 vs 1,8	P<0,001 3 vs 1,2,7,8 8 vs 2,4,6 4 vs 1	P<0,001 8 vs 2,3,4 1 vs 3	P<0,001 8 vs 1,2,3,4,5,6 6 4 vs 1,2,3,6,7 5 vs 1,7 7 vs 2
<b>ZDR</b>	P<0,001 7 vs 6,3	P<0,001 1 vs 3,7 3 vs 8,4,6	P=0,017	P<0,001 1 vs 6,4	P=0,006 8 vs 7	P<0,001 7 vs 1,2,4,5,8	P=0,005 1 vs 7	P<0,001	P<0,001 2 vs 3,6,7 1 vs 3,6,7

Für jedes Tier ist ein Mittelwert der Messung für HFA und HFR ermittelt worden. Die HF-Werte der Aktivitäts- und Ruheperioden im Tagesverlauf ließen sich als Abweichungen von den individuellen Mittelwerten der Messung für HFA bzw. HFR (DIHFA und DIHFR) darstellen, um die Periodik erkennbar zu machen. Aus den HF-Kurven konnten auch Beginn und Dauer der Aktivitäts- (ZDA) und Ruheperioden (ZDR) ermittelt werden. Für Berechnungen sind die Variablen acht Tageszeitbereichen (TZB1 bis TZB8: 00.00-03.00; 03.00-06.00; 06.00-09.00; 09.00-12.00; 12.00-15.00; 15.00-18.00; 18.00-21.00; 21.00-24.00 Uhr) von jeweils 3 Std. zugeordnet worden. Durch mehrmalige Beobachtungen der Tiere im Verlaufe eines Tages konnten die mit Hilfe der Herzfrequenzkurve ermittelten Aktivitäts- und Ruheperioden der Tiere verifiziert werden.

Die Bearbeitung wurde in der Weise vorgenommen, dass die Messungen in Beziehung zu den Weidetagen zusammengefaßt und als Untersuchungspunkte (UP1 bis UP9) bezeichnet wurden (Tab. 1). Folgende Gesichtspunkte wurden berücksichtigt: (1) Prüfung der Verteilungen von HF sowie der Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden mit dem Chi-Quadrat-Test, (2) Prüfung der HF und der Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden zwischen den Untersuchungspunkten, (3) Prüfung der HF und auch der Abweichungen der HF vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnungen sowie der Zeitdauer der Aktivitäts- und der Ruheperioden zwischen den Tageszeitbereichen an den Untersuchungspunkten, (4) Prüfung der Beziehungen von HFA und HFR, jeweils an den Untersuchungspunkten und auch zwischen den Untersuchungspunkten. Für die Bearbeitung der Ergebnisse nutzen wir Sigma Stat von Jandel Scientific Software und wendeten die Korrelations- und Regressionsrechnung sowie die Varianzanalyse (ANOVA und ANOVA for repeated measures) an. Wenn Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen nicht gegeben war, wurde die Friedman Varianzanalyse für wiederholte Messungen auf der Basis von Rangplätzen angewendet. Im Falle von Gruppen- oder Messpunktunterschieden wurde mit Hilfe multipler Vergleichsverfahren (Bonferroni t-Test, Student-Newman-Keuls-Methode) geprüft, welche Mittelwerte unterschiedlich sind. Mittelwertprüfungen zweier Gruppen wurden mit dem t-Test bzw. mit dem t-Test für korrelierende Stichproben vorgenommen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und, wenn nicht ausdrücklich erwähnt, mit 5 % angenommen worden.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Aktivitäts- und Ruheperioden

Die Dauer der Aktivitäts- (ZDA) und der Ruheperioden (ZDR) wies eine beträchtliche Variation an allen Untersuchungspunkten (Abb. 1 und 2) und keine Normalverteilung

auf. Mittelwertunterschiede zwischen den Untersuchungspunkten UP1 bis UP9 und direkte Beziehungen zwischen ZDR und ZDA konnten nicht nachgewiesen werden. Das gehäufte Vorkommen längerer ZDA und ZDR in bestimmten Tageszeitbereichen, die sich im Verlaufe der Weideperiode verlagerten, ist an den Abbildungen 2 und 6 zu erkennen. Mittelwertunterschiede zwischen den Tageszeitbereichen konnten für ZDA und ZDR an allen Untersuchungspunkten nachgewiesen werden (Tab. 3).

Im Beginn der Weideperiode waren längere ZDA zwischen 03.00 und 09.00 sowie zwischen 12.00 und 24.00 Uhr zu verzeichnen, wobei besonders lange ZDA zwischen 18.00 und 21.00 Uhr auffielen. Diese Häufung der ZDA blieb bis UP4 annähernd gleich. Bei UP5 waren längere ZDA zwischen 00.00 und 06.00 und nicht mehr so lange ZDA zwischen 18.00 und 21.00 Uhr festzustellen. Bei UP6 bis UP8 waren wieder längere ZDA zwischen 18.00 und 21.00 Uhr vorhanden. Ab UP8 traten längere ZDA zwischen 12.00 und 15.00 sowie auch zwischen 09.00 und 12.00 Uhr auf.

Längere Ruheperioden (ZDR) waren bei UP1 bis UP3 zwischen 00.00 und 06.00 Uhr, zwischen 09.00 und 12.00 Uhr sowie zwischen 21.00 und 24.00 Uhr zu verzeichnen, wobei sich die zwischen 21.00 und 24.00 Uhr verringerten und die zwischen 12.00 und 15.00 Uhr zunahm. Bei UP4 und UP5 war ZDR generell verringert. Ab UP8 waren wieder längere ZDR zwischen 00.00 und 03.00 Uhr, zwischen 09.00 und 12.00 Uhr und zwischen 15.00 und 18.00 Uhr festzustellen.

#### 3.2 Herzfrequenzkennwerte der Saugkälber

Die Mittelwerte von HF der Aktivitätsperioden (HFA) und der Ruheperioden (HFR) unterschieden sich an allen Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9) signifikant (Abb. 1). HFA und HFR wurden bis UP3 signifikant verringert und waren bei UP4 bis UP6 wieder größer als bei UP3 sowie UP8 und UP9 (Abb. 1). Die Mittelwerte von HFA und auch diejenigen von HFR unterschieden sich zwischen den Untersuchungspunkten in vielen Fällen signifikant (Tab. 2).

Die mittleren Steigerungen von HF (HFA-HFR) betragen  $14,7 \pm 6$ ;  $14,9 \pm 5$ ;  $14,8 \pm 4,7$ ;  $14,4 \pm 4,5$ ;  $14,6 \pm 4,3$ ;  $13,8 \pm 4,2$ ;  $16 \pm 5,6$ ;  $14,1 \pm 4,6$  und  $15,2 \pm 5,8$  bei UP1 bis UP9. Sie waren zwischen UP7 und UP4 ( $p = 0,004$ ), UP7 und UP8 ( $p = 0,006$ ), UP7 und UP6 ( $p < 0,001$ ) sowie UP6 und UP9 ( $p = 0,008$ ) signifikant verschieden.

Eine sichere negative Beziehung zwischen dem Alter der Kälber und den HF-Kennwerten konnte an allen Untersuchungspunkten nachgewiesen werden. Diese war enger bis UP4 ( $r = 0,46$  bis  $r = 0,639$ ) als bei UP5 bis UP9 ( $r = 0,15$  bis  $r = 0,409$ ).

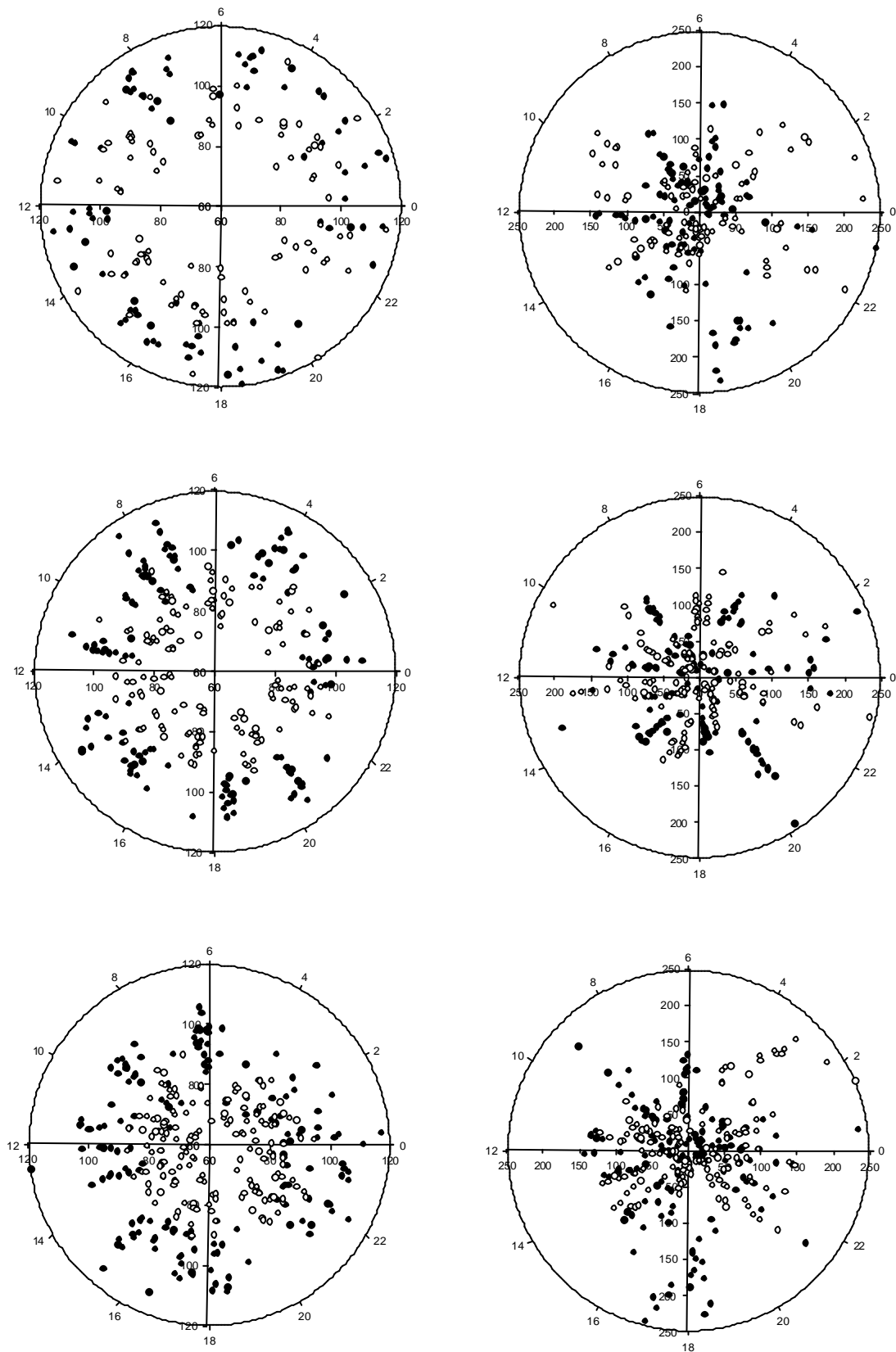


Abb. 2  
 Polar Plots der Herzfrequenzkennwerte (HFA und HFR, Herzschläge/min) und der Zeitdauer (ZDA und ZDR, Minuten) der Aktivitäts- (volle Zeichen) und der Ruheperioden (leere Zeichen) der Saugkälber im Tagesverlauf an den Untersuchungspunkten UP1, UP5 und UP9 (von oben nach unten) im Verlaufe der Weidehaltung, Einzelwerte

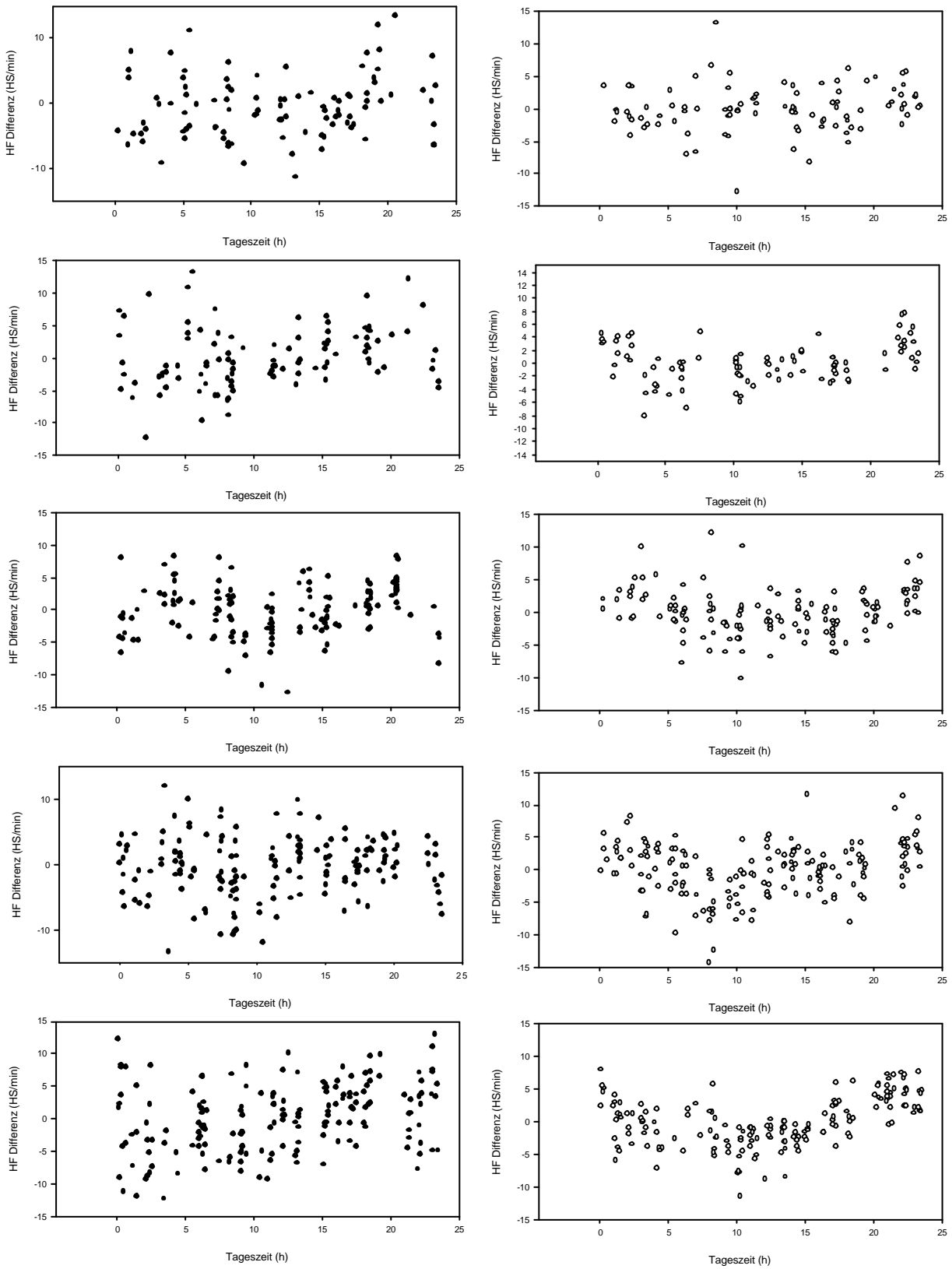


Abb. 3

Abweichungen der Herzfrequenz im Tagesverlauf vom Mittelwert der individuellen Tagesaufzeichnung während der Aktivitätsperioden (linker Teil) und während der Ruheperioden (rechter Teil) an 5 Untersuchungspunkten (UP1, UP3, UP5, UP7 und UP9, von oben nach unten) im Verlaufe der Weidehaltung, Einzelwerte

### 3.3 Periodik der Herzfrequenz

Das gehäufte Vorkommen höherer HF-Kennwerte in bestimmten Tageszeitbereichen ist an Abbildung 2 und 4 zu erkennen. Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Tageszeitbereichen waren für HFA bei UP 4, UP5 und UP9 und für HFR bei UP4, UP6, UP7 und UP9 nachzuweisen (Tab. 3). Eine circadiane Periodik der HF begann sich bis UP3 herauszubilden (Abb. 3). DIHFA wies kleinere Werte in den frühen Morgenstunden und größere Werte in den späten Abendstunden auf, deren Mittelwerte sich signifikant unterschieden (Tab. 3). DIHFR hatte bei UP2 und UP3 signifikant größere Werte zwischen 00.00 und 03.00 Uhr sowie zwischen 21.00 und 24.00 Uhr als in den übrigen Tageszeiten (Abb. 3, Tab. 3). Die Verteilung der Abweichungen der HF vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung hatte während der Aktivität der Tiere bei UP4 eine deutliche Dreigipfligkeit. Größere DIHFA waren zwischen 04.00 und 09.00 Uhr, zwischen 12.00 und 15.00 Uhr sowie zwischen 19.00 und 22.00 Uhr festzustellen gewesen, in jenen Tageszeitbereichen, in welchen auch längere ZDA häufiger waren (Abb. 2 und 6). Während der Ruhe zeichnete sich eine ähnliche Verteilung der Abweichungen der HF vom Mittelwert der Tagesaufzeichnung ab, sie war jedoch nicht so deutlich ausgeprägt (Abb. 3, Tab. 3). Bei UP5 waren in mehreren Tageszeitbereichen größere HF während der Aktivität auffällig, und es liessen sich nur in wenigen Fällen sichere Mittelwertunterschiede zwischen den Tageszeiten nachweisen (Tab. 3). Auch bei UP6 bis UP9 waren anscheinend kleinere Perioden der HF-Steigerungen vorherrschend. Eine circadiane Periodik deutete sich bei den Abweichungen der HF während der Ruheperioden (DIHFR) vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung an (Abb. 3 und 5). Die kleinsten HFR wurden zwischen 10.00 und 15.00 Uhr (UP2, UP4), zwischen 04.00 und 11.00 Uhr (UP3, UP5, UP6, UP7, UP8, UP9) erreicht (Abb. 3 und 6). Mit der Anpassung der Kälber an die Weidehaltung war eine unterschiedliche Ausprägung der Schwingung und während der Lichttagzeit eine Phasenverschiebung der circadianen Rhythmik der HFR verbunden (Abb. 2, 3 und 4).

### 3.4 Individuelle Variation und Individualspezifität der Herzfrequenzkennwerte

Mit Hilfe der Korrelationsrechnung wurde geprüft, in welchem Maße HF unter verschiedenen Bedingungen in individualspezifischer Weise geändert wurde. Zwischen HFR und HFA ließen sich an allen Untersuchungspunkten (UP1:  $r = 0,872$ ; UP2:  $r = 0,867$ ; UP3:  $r = 0,874$ ; UP4:  $r = 0,707$ ; UP5:  $r = 0,74$ ; UP6:  $r = 0,773$ ; UP7:  $r = 0,774$ ; UP8:  $r = 0,802$ ; UP9:  $r = 0,729$ ; sämtlich  $p < 0,001$ ) und auch an den Tageszeitbereichen enge Korrelationen nachweisen.

## 4 Diskussion

Mehrere Hauptfaktoren wie Alter und Entwicklungsqualität, typmäßige Reaktionsweise, Funktionszustand, soziale Beziehungen, Gruppenzusammensetzung, Raum- und Nahrungsverfügbarkeit, Lichtrhythmus und Klima bestimmen das Aktivitätsniveau und die physiologischen Variablen der Kälber. Die meisten dieser Faktoren änderten sich im Verlaufe der Weidehaltung der Tiere, nur die Herdengröße und -zusammensetzung und die räumlichen Bedingungen blieben konstant. Bemerkenswert war eine große interindividuelle Variation und eine hohe Individualspezifität der Herzfrequenz (HF) der Tiere in diesem Alter (Abb. 1 und 2), wie sie auch bei jungen Saugkälbern (Lehr, 1997; Steinhardt et al., 1997), bei Tränkkälbern (Ermgassen, 1996) sowie bei trächtigen Färsen (Steinhardt u. Thielscher 2000b) festgestellt werden konnte. Ein Einfluss des Alters auf das Niveau der HF konnte in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt werden. Beim Stehen der Tiere gegenüber dem Liegen war bei sehr jungen Tieren (Lehr, 1997; Steinhardt und Thielscher, 2000) und in der vorliegenden Untersuchung auch bei älteren Saugkälbern und Jungrindern eine deutliche Steigerung der HF nachweisbar.

Für die Mittelwerte der Zeitdauer der Aktivitäts- und der Ruheperioden ließen sich zwischen den Untersuchungspunkten UP1 bis UP9 keine sicheren Unterschiede nachweisen (Abb. 1), für diejenigen der HF-Kennwerte war dies in einigen Fällen möglich (Tab. 2). Die während der Aktivitätsperioden erreichten Erregungsgrade und die damit verbundenen körperlichen Aktivitäten und Umsatzsteigerungen variieren in Abhängigkeit von den vorher genannten Faktoren und haben eine unterschiedliche Charakteristik bei Tieren in verschiedenen Altersbereichen sowie Anpassungs- und Funktionszuständen. Die Verringerung der mittleren HF-Kennwerte von UP1 bis UP3 ist auf die Anpassung der Tiere an die räumlichen und klimatischen Bedingungen sowie an die Ernährung und teilweise auch auf das zunehmende Alter der Tiere zurückzuführen, denn die negativen Beziehungen zwischen HF und Alter waren enger bei UP1 bis UP4 als bei UP5 bis UP9. Bei Jungbullen, die längere Zeit in klimatisierten Respirationskammern gehalten und untersucht worden waren, hatte HF eine sehr enge Beziehung zum Energieumsatz und zur Nahrungsverfügbarkeit (Derno et al., 1999). Steigerungen von HF und Umsatz beim Stehen der Tiere gegenüber dem Liegen waren in der vorher genannten Untersuchung erkennbar. Größere mittlere HF-Kennwerte bei UP4 bis UP6 können bei den meisten Tieren mit einem größeren Aktivitätsniveau sowie mit der Änderung der Nahrungsverfügbarkeit und des Stoffwechsels in Verbindung stehen. Tierbesatz der Weideflächen und Umtrieb der Tiere waren so vorgenommen worden, dass eine gut bemessene Futter- und Raumverfügbarkeit gewährleistet waren. Diesbezüglich ist es von Bedeutung, in welchem Grade die Jungtiere in den Herdenverband integriert und



durch die Muttertiere hinsichtlich der Aktivitäten synchronisiert worden sind. In Abhängigkeit vom maternalen Investment sowie von Alter und Entwicklungsqualität waren viele Jungtiere zu einer verstärkten selbständigen Futtersuche und -aufnahme gezwungen. Außerdem begannen sich in diesem Alter der Tiere (etwa 7 bis 8 Monate) Funktionszustände wie der Östrus zu entwickeln, und es kann eine Gruppenbildung der Jungtiere, vermehrtes Spielen und Kämpfen um Rangplätze von Bedeutung gewesen sein. Wenig ist bekannt über die Reaktionen der Jungtiere auf besondere Wetterereignisse wie stärkere Gewitter oder länger andauernde stärkere Niederschläge. In derartigen Situationen könnte eine typmäßige Reaktionsweise deutlicher hervortreten. Einflüsse dieser Art konnten bei dem gewählten Untersuchungsansatz und bei der geringen Anzahl an untersuchten Jungtieren sowie an Messungen pro Tier noch nicht genauer eingeschätzt werden. Sie können daran beteiligt gewesen sein, dass kleinere mittlere Steigerungen der HF (HFA-HFR) bei UP6 und größere Steigerungen der HF bei UP7 und UP9 als an den übrigen Untersuchungspunkten festgestellt wurden, an denen sich die mittleren Steigerungen der HF sonst nicht auffällig unterschieden (siehe Abb. 1 und Punkt 2 der Ergebnisse).

Obwohl die Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden eine beträchtliche inter- und intraindividuelle Variation aufwies, konnten zwischen den Tageszeitbereichen sichere Mittelwertunterschiede an allen Untersuchungspunkten nachgewiesen werden (Tab. 3). Rhythmische Änderungen der Zeitdauer von Aktivität und Ruhe waren nicht so deutlich circadian geprägt wie jene bei trächtigen Färsen (Steinhardt und Thielscher, 2000). Bei diesen nahm die Dauer der Aktivitätsperioden zwischen 00.00 und 12.00 Uhr zu und zwischen 12.00 und 18.00 Uhr wieder geringgradig ab. In den entsprechenden Tageszeiten wurde die Dauer der Ruheperioden verkürzt. Auffallend lange Aktivitätsperioden waren bei den trächtigen Färsen zwischen 18.00 und 21.00 Uhr etwa in der Mitte der Weideperiode festzustellen. Gegen Ende der Weideperiode waren die Aktivitätsperioden zwischen 18.00 und 21.00 Uhr verkürzt und diejenigen zwischen 00.00 und 03.00 Uhr sowie zwischen 12.00 und 15.00 Uhr verlängert. Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei den Mutterkühen ein weitgehend ähnlicher Rhythmus von Aktivität und Ruhe wie bei den trächtigen Färsen vorhanden war, denn die mit der Nahrungssuche und -aufnahme verbundene motorische Aktivität dieser Tiere macht den Hauptanteil der Aktivität während der Lichttagszeit aus. Die Mittelwerte von HFA und HFR ließen im Tagesverlauf periodische Änderungen erkennen (Abb. 4), Differenzen der Mittelwerte zwischen den Tageszeitbereichen waren wegen der großen interindividuellen Variation nur in einigen Fällen zu sichern (Tab. 3). Obwohl schwache direkte Beziehungen zwischen ZDA und HFA nur in einigen Fällen gefunden wurden, war eine gute Übereinstimmung der Häufungen von größeren HFA und längeren ZDA in den Tageszeitbereichen festzustellen (Abb. 2, 4, 5, 6). Größere HF zwischen 07.00 und 09.00

Uhr (Abb. 2, 4 und 5) stehen mit dem Abtrieb der Tiere von den Weideflächen in Verbindung, bei denen einige Tiere intensivere körperliche Aktivitäten ausführten (längere Läufe, teilweise mit größerer Geschwindigkeit).

Bei Eliminierung der interindividuellen Variation der HF (siehe Material und Methoden) wurde die bei Saugkälbern und Jungrindern vorhandene Periodik der Herzfrequenz während der Aktivitäts- und der Ruheperioden deutlicher erkennbar (Abb. 3 und 5). Im allgemeinen gingen die Abweichungen der HF vom Mittelwert der Tagesaufzeichnung nicht über  $\pm 10$  HS/min hinaus, die Variationen der HF während der Aktivitätsperioden der Tiere waren im Tagesverlauf größer als jene während der Ruhe-

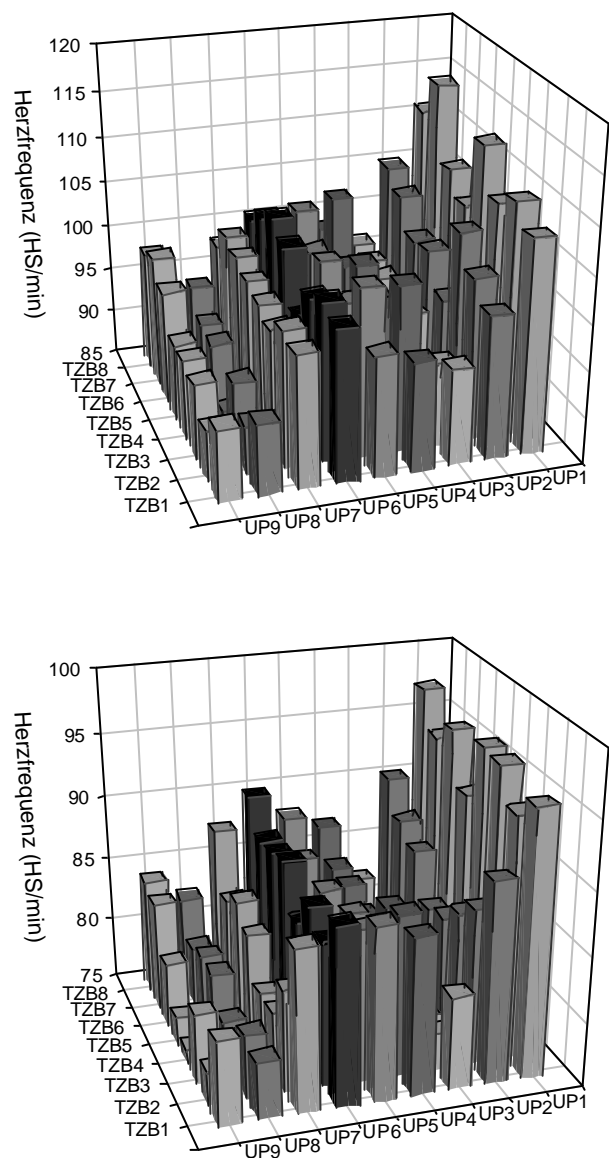


Abb. 4 Mittelwerte der Herzfrequenzkennwerte der Saugkälber in 8 Tageszeitbereichen (TZB1 bis TZB8) an 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9) während der Aktivitätsperioden (oberer Teil) und der Ruheperioden (unterer Teil)

perioden (Abb. 3 und 5). Das methodische Vorgehen war nicht darauf ausgerichtet, kurzdauernde stärkere Steigerungen der HF zu erfassen und zu bewerten. Die bei wachsenden und adulten Tieren möglichen Typen der Periodizität wie circadiane und infradiane Rhythmen offenbaren die Variabilität der Effekte sympathischer und parasymphatischer Aktivität. Circadiane Rhythmen der HF und auch des Blutdruckes gehen konform mit den Wachzuständen (Arousal, Vigilanz) und Aktivitätsperioden der Tiere (Matsui u. Sugano, 1989; Sato et al., 1995; Yamaya et al., 1994). Als Zeitgeber für motorische Aktivität spielen bei Freilandhaltung gegenüber Stallhaltung Licht und auch soziale Faktoren eine größere Rolle. Bemerkenswert ist

die sich schnell herausbildende, weitgehende Synchronisierung des Beginns der Aktivitätsperioden bei den Tieren bereits am Anfang der Weidehaltung, wie in Abb. 2 an der Lage der HF-Kennwerte (HFA und HFR) zu sehen ist. Soziale Synchronisierungseffekte treten bei räumlich und zeitlich unbeschränkter Nahrungsverfügbarkeit für alle Tiere einer Herde anscheinend deutlicher als z. B. bei Winterstallhaltung hervor, bei welcher die beiden Servicezeiten am Tage einen bestimmenden Einfluss haben. Auffällig ist an dieser Abb. 2 weiterhin, dass die Synchronisierung der Aktivitätsperioden in einigen Tageszeitbereichen und an einigen Untersuchungspunkten (z. B. HFA2, HFA6, HFA8) nicht so deutlich wirksam geworden ist.

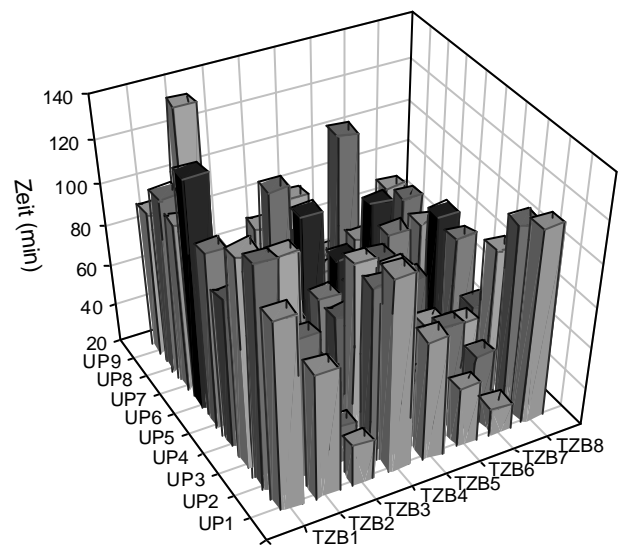
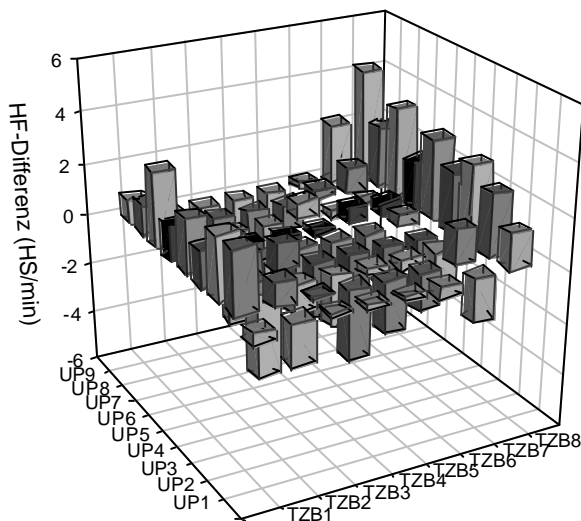
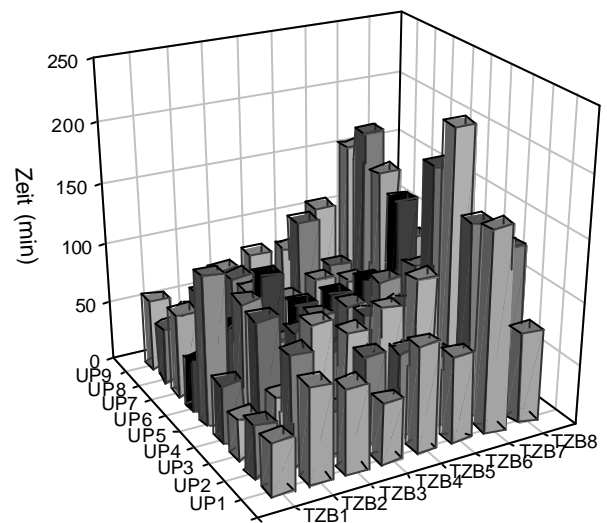
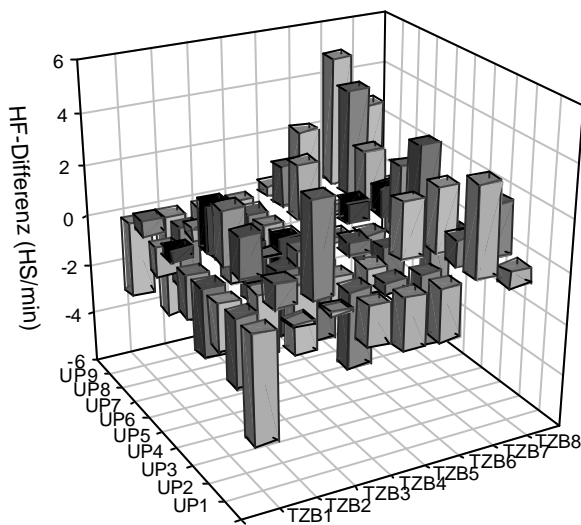


Abb. 5 Mittelwerte der Abweichungen der Herzfrequenzkennwerte in 8 Tageszeitbereichen (TZB1 bis TZB8) an 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9) während der Aktivitätsperioden (oberer Teil) und der Ruheperioden (unterer Teil)

Abb. 6 Mittelwerte der Zeitdauer (Minuten) der Aktivitätsperioden (ZDA, oberer Teil) und der Ruheperioden (ZDR, unterer Teil) in 8 Tageszeitbereichen (TZB1 bis TZB8) an 9 Untersuchungspunkten (UP1 bis UP9)

Bei Wiederkäuern werden Schlaf-Wach-Zyklen durch Nahrungsaufnahme und Fermentationsprozesse in den Vormägen bestimmt. Die Rolle endogener Rhythmen für die Variabilität physiologischer Messgrößen (Herzschlagfrequenz, Blutdruck, Körpertemperatur) und ihr Einfluss auf den Aktivitätsrhythmus der Tiere innerhalb einer circadianen Periodik wurden von Mohr u. Krzywanek (1995) bei Schafen sowie von Sato et al. (1995) bei Kaninchen und Ratten hervorgehoben. Die Charakteristik der Herzfrequenzperiodik änderte sich insbesondere während der Aktivitätsperioden aber auch während der Ruheperioden im Verlaufe der Weideperiode. Bei Saugkälbern ist die Entwicklung der Verdauungsorgane und das Verhältnis der von den Tieren aufgenommenen Nährstoffe (Muttermilch und Rauhfutter) hinsichtlich der Periodik von Bedeutung. Die Qualität der Mutter-Nachkommen-Beziehung, eine wechselseitig informationelle und einseitig materielle Beziehung, könnte bei Weidehaltung stärkere Effekte als bei Stallhaltung auf die untersuchten Variablen der Jungtiere haben. Mit einer vorübergehenden Zunahme der Milchleistung der Muttertiere infolge der eiweiß- und aminosäurereichen Ernährung durch das frische Weidefutter in den ersten Wochen ist zu rechnen. Synchronisierungseffekte bei den Saugkälbern sind von dem Grad der Bindung des Jungtieres an das Muttertier abhängig und können daher je nach der Qualität des maternalen Investment sehr unterschiedlich wirksam gewesen sein. Dazu wären weitere Untersuchungen notwendig.

Die mit der Nahrungssuche und -aufnahme sowie dem sogenannten Spielen verbundene motorische Aktivität und sympathische Aktivierung der Saugkälber hat unterschiedliche Dimensionen bei jüngeren und älteren Tieren und kann HF-Steigerungen in kleineren Rhythmen bedingen, die einen circadianen Rhythmus überlagern. Bei jüngeren und auch bei älteren Kälbern ist der Saugakt mit Aktivierungen sympathischer nervaler Funktionen (Bloom et al., 1975; Bowman et al. 1997, Ermgassen, 1996, Steinhardt u. Thielscher, 2001; Steinhardt 2001) und größeren HF verbunden. Saugakte kommen unregelmäßig im Verlaufe des Tages vor und haben eine unterschiedliche Zeitdauer, häufen sich jedoch in bestimmten Tageszeitbereichen wie in den Morgenstunden und tragen zu größeren HF-Kennwerten bei (Abb. 2, 4 und 5). Längere Aktivitätsperioden können durch das Spielverhalten bedingt sein (Byers, 1984; Jensen et al., 1998; Jensen u. Kyhn, 2000), werden durch entwicklungsphysiologische und soziale Faktoren bestimmt und sind vom Alter und von der Gruppengröße- und -zusammensetzung sowie von den räumlichen Gegebenheiten abhängig. Angaben über das gehäufte Vorkommen des Spielverhaltens an spezifischen Zeitpunkten im Tagesverlauf sind kaum vorhanden. Vermehrtes Vorkommen des Spielens zwischen 15.00 und 23.00 Uhr während der längeren Aktivitätsperioden der Muttertiere schien sich bei der Beobachtung der Tiere anzudeuten. Die Hauptkomponenten des Spielverhaltens wie lokomotorisches Spielen in Gruppen, auch paralleles Spielen ohne

physischen Kontakt genannt, spielerisches Kämpfen von zwei oder mehr Kälbern, spielerisches Aufspringen und Bodenspiel (Byers, 1984) können unterschiedliche Zeitannteile in bestimmten Altersbereichen der Kälber haben. Während das lokomotorische Spielen in Gruppen mehr bei jüngeren Kälbern zu beobachten ist, nehmen spielerisches Kämpfen, Aufspringen und Bodenspiel bei älteren Kälbern und Jungtieren zu. Die bei einigen Jungtieren vorkommenden Brunstzustände waren mit erhöhter lokomotorischer Aktivität, meistens für die Dauer eines Tages, und vermehrtem Aufspringen auf andere Jungtiere verbunden.

Häufungen längerer Aktivitätsperioden und auch längerer Ruheperioden der Jungtiere in bestimmten Tageszeitbereichen änderten sich im Verlaufe der Weideperiode. Saisonale Effekte auf die Rhythmizität physiologischer Variablen werden bei Jungtieren der Mutterkuhhaltung im Vergleich mit adulten Tieren durch solche des Körperwachstums, des Entwicklungs- und Funktionszustandes überlagert. Bedeutung und Qualität des maternalen Investment in Verbindung mit der Anpassung der Jungtiere an die Weidehaltung wären durch vergleichende Untersuchungen an mutterlos aufgezogenen Jungtieren in Weidehaltung zu prüfen. Die Änderung der Periodik der Ruhe- und Aktivitätszeiten sowie der HF sind Ausdruck der Entwicklung der Tiere und der Adaptation an einige der vorher genannten Haupteinflussfaktoren. Bei zunehmender Festfutteraufnahme und Entwicklung der Verdauung in den Vormägen, die individuell sehr unterschiedlich erfolgen können, werden der für die Nahrungssuche und -aufnahme erforderliche Zeitaufwand größer, und Effekte der Fermentationsprozesse in den Verdauungsorganen bei den Jungtieren werden hinsichtlich der Periodik von größerer Bedeutung gewesen sein. Da die Untersuchungen auf 8 Jungtiere beschränkt waren, deren Geburtstermine sich über 3 Monate (25.11.99 bis 24.02.00), die Geburtstermine aller weiblichen Jungtiere der Herde sich über 6 Monate (02.10.99 bis 24.02.00) erstreckten, ist mit größeren Entwicklungsunterschieden zu rechnen, die sich auf die sozialen Beziehungen der Jungtiere auswirkten. Einige entwicklungsphysiologische und soziale Effekte, die in der gesamten Jungtiergruppe wirksam waren, sind bisher nicht ausreichend einzuschätzen. Intensivere Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Kälbern im Verlaufe der Aufzuchtperiode wären notwendig, um die Beziehungen der Rhythmizität physiologischer Variablen zum Entwicklungszustand der Jungtiere unter spezifischen Haltungsbedingungen genauer charakterisieren zu können.

**Literatur**

- Bloom S R, Edwards A V, Hardy R N, Malinowskja K W, Silver M (1975) Cardiovascular and endocrine responses to feeding in the young calf. *J Physiol Lond* 253: 135-155
- Bowman E C J, Roderick G P, Bloom S R, Byers A V (1984) Play in ungulates. In: Smith P K (ed) *Play in animals and humans*. Basil Blackwell Publ Lm. Pt. 1: 43-65
- Derno M, Matthes H-D, Löhcke B, Jentsch W (1999) Metabole Reaktionen auf Ernährungs- und Umweltänderungen bei Bullen. In: Matthes HD (ed) *Internationale Fachtagung Reaktionen des Stoffwechsels auf Ernährung und Umwelt*, Tellow 03.07.1999. *Biopark Schriftenreihe* 5: 127-133
- Ermgassen K (1996) Untersuchungen zur Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. *Vet med Diss Leipzig*
- Hopster H, Blokhuis H J (1994) Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress response in dairy cows. *Can J Anim Sci* 74: 465-474
- Jensen M B, Kyhn R (2000) Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Appl Anim Behav Sci* 67: 35-46
- Jensen M B, Vestergaard K S, Krohn C C (1998) Play behaviour in domestic calves kept in pens: the effect of social contact and space allowance. *Appl Anim Behav Sci* 56: 97-108
- Lehr A (1997) Verhaltensphysiologische Reaktionen bei Mutterkühen und ihren Kälbern im peripartalen Zeitraum. 3. Trenthorster Kolloquium 5. und 6. Dezember 1996. *Landbauforsch Völkenrode SH 177*: 138-148
- Matsui K, Sugano S (1989) Relation of intrinsic heart rate and autonomic nervous tone to resting heart rate in the young and the adult of various domestic animals. *Jpn J Vet Sci* 51: 29-34
- Mohr E G, Krzywanek H (1995) Endogenous oscillator and regulatory mechanisms of body temperature in sheep. *Physiol Behav* 57: 339-347
- Sato K, Chatani F, Sato S (1995) Circadian and short-term variabilities in blood pressure and heart rate measured by telemetry in rabbits and rats. *J Autonom Nerv Syst* 54: 234-246
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Ermgassen K, Lehr A (1997) Langzeitmessungen in entwicklungs- und verhaltensphysiologischen Untersuchungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel der Herzschlagfrequenz. *Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN)* (9): 47-70
- Steinhardt M, Thielscher H-H (2000a) Herzfrequenzkennwerte, Aktivitätsperioden und Blutmeßwerte trächtiger, nicht laktierender Rinder bei Weidehaltung. *Tierärztl Umschau* 55 (3): 133-140
- Steinhardt M, Thielscher H-H (2000b) Herzfrequenzkennwerte und Tagesperiodik bei Färsen verschiedener Rassen in Weidehaltung. Einflüsse durch Trächtigkeit und Jahreszeit. *Tierärztl Prax* 28 (G): 322-330
- Steinhardt M, Thielscher H-H (2000c) Aktivitätsperioden und Rhythmicität physiologischer Variablen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern. Herzfrequenz, Aktivitäts- und Ruhezeiten bei männlichen und weiblichen Tieren an verschiedenen Alterspunkten. *Landbauforsch Völkenrode* 50 (3/4): 163-179
- Steinhardt M (2001) Reaktionen von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung auf Nahrungsaufnahme. Herzfrequenz, Katecholamine, hämatologische Variablen, Hämoglobinderivate und -varianten, Säure-Basen-Status. *Tierärztl Umschau* 56 (im Druck)
- Steinhardt, M, Thielscher H-H (2001) Herzfrequenz und Tagesperiodik bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung an verschiedenen Alterspunkten. *Tierärztl. Umschau* 56 (4): 206-215
- Yamaya Y, Kubo K, Amada A (1994) Diurnal rhythms of R-R interval and R-R interval variability in the young thoroughbred horse. *J Equine Sci* 5: 83-86