

Aktivitätsperioden und Rhythmizität physiologischer Variablen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern

Herzfrequenz, Aktivitäts- und Ruhezeiten bei männlichen und weiblichen Tieren an verschiedenen Alterspunkten

Martin Steinhardt und Hans-Hermann Thielscher¹

Zusammenfassung

An Milchrindkälbern (75 Deutsche Holstein Friesian, 5 Deutsche Rotbunte, 37 männliche, 43 weibliche) wurden vor (5 LT) und während der Aufzucht am Tränkeautomaten (15, 40 und 60 LT) 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 bei männlichen und weiblichen Tieren an allen Alterspunkten und auch zwischen den Alterspunkten sicher. Die Häufigkeitsverteilungen von HFA unterschieden sich zwischen männlichen und weiblichen Kälbern bei 5 und bei 60 LT, diejenigen von HFR bei 5, 15 und bei 60 LT sicher. Die Mittelwerte von HFA waren bei 5, 40 und 60 LT und diejenigen von HFR bei 5 sowie bei 15 LT zwischen den Geschlechtern signifikant verschieden. HFA und HFR der Tageszeitbereiche änderten sich regulär, die Mittelwerte unterschieden sich nur an einigen Alterspunkten zwischen den Tageszeitbereichen sicher. Abweichungen der HFA vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung variierten in kleineren Zyklen, die durch die Milchaustauscherabrufpunkte beeinflusst wurden, und überlagerten die circadiane Periodik, diejenigen der HFR wiesen eine circadiane Periodik auf, deren Phase sich mit fortschreitender Entwicklung und Adaptation der Tiere änderte. Die mittleren Abweichungen von HFA und HFR wiesen zwischen den Tageszeitbereichen signifikante Unterschiede auf. Die Dauer der Aktivitätsperioden (ZDA) und besonders diejenige der Ruheperioden (ZDR) wiesen rhythmische Änderungen im Tagesverlauf auf. Die Verteilungen der ZDA unterschieden sich zwischen den Alterspunkten sicher, an den Alterspunkten unterschieden sie sich zwischen männlichen und weiblichen Tieren nur bei 5 LT sicher. Die mittlere ZDA war bei weiblichen Kälbern zwischen den Tageszeitbereichen an allen Alterspunkten signifikant verschieden, bei männlichen Kälbern nur bei 40 LT.

Schlüsselworte: Milchrindkälber, Aktivitätsperioden, Herzfrequenz, circadianer Rhythmus, Geschlechtsunterschiede

Summary

Activity periods and rhythmicity of physiological variables in feeder-fed dairy calves.

Heart rate, activity and rest times in male and female animals

On feeder-fed dairy calves (75 German Holstein Friesian, 5 German Red Pied, 37 male and 43 female) long term heart rate recordings were taken at 5, 15, 40 and 60 days of life age 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 different at all age points in male and female calves. Frequency distributions of HFA were different between male and female calves at 5 days and at 60 days, those of HFR were different at 5, 15 and 60 days of age. Sex differences of HFA could be established at 5, 40 and 60 days and those of HFR were observed at 5 and 15 days. HFA and HFR changed regularly with daytime and mean values of daytime periods were significantly different only at some age points. There were small cycles of variation of HFA around the four daytime periods provided for milk replacer supply overlapping the circadian rhythm. Deviation of HFR within the course of a day followed a circadian rhythm that changed the phase with advanced development and adaptation of the animals. Mean deviations of HFA and HFR 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. Frequency distributions of ZDA were significantly different between the age points, but only at the age of 5 days the distributions were significantly different between male and female calves. Mean ZDA was different between daytime periods in female calves at all age points and in male calves only at 40 days of age.

Keywords: feeder-fed dairy calves, activity periods, heart rate, circadian rhythm, sex differences

¹ Anschrift der Verfasser: Steinhardt, Martin; Thielscher, Hans-Hermann; Institut für Tierzucht und Tiervershalten, Institutsteil Trenthorst/Wulmenau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), 23847 Westerau (Trenthorst/Wulmenau)

Einleitung

Die Rhythmizität der Funktionen und physiologischer Variablen ist hinsichtlich der Entwicklungsqualität der Kälber, der Optimierung ihrer Leistungsfähigkeit und der tiergerechten Haltung von Nutztieren von Interesse. Untersuchungen über das Saug- und Futteraufnahmeverhalten von Milchrindkälbern bei unterschiedlicher Steuerung des Tränkeautomaten (Zerbe, 1998) ließen erkennen, dass die Kälber bei einer automatischen Milchversorgung den Zeitpunkt jedes Tränketermins erkunden müssen, wobei sie einem inneren Rhythmus von 5 bis 6 Std. folgen, der 4 Intensionsphasen pro Tag bedingt. Bei Verfügbarkeit einer Tränkstation und 3 bis 4 Abrufzeitpunkten kann es zu einer Aufteilung der Gruppe je nach Verhaltenspotenz und Durchsetzungsvermögen kommen. Das Wachstum schwächerer Tiere wurde beeinträchtigt, und die Tiere entwickelten zunehmend Meideverhalten (längeres Ruhen) (Zerbe, 1998). Es kann in dieser Entwicklungsperiode der Tiere eine Prägung erfolgen, die für das Verhalten sowie für die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit im späteren Leben von Bedeutung ist. Geschlechtsspezifische Entwicklungsunterschiede der Kälber in den ersten Lebenswochen betreffen die Körpermasse sowie auch metabolische und hormonelle Variablen (Grünberg, 1996; Hernandez et al. 1972; Steinhardt et al. 1995; 1996a,b), und es tritt die Frage auf, wie die Anpassung männlicher und weiblicher Kälber während der Aufzucht am Tränkeautomaten erfolgen kann.

Untersuchungen zur Herzschlagfrequenz (HF) und zur Tagesperiodik mütterlos am Tränkeautomaten aufgezogener Kälber liegen anscheinend nicht vor. In diesem Untersuchungsansatz wurden folgende Fragen berücksichtigt:

- (1) Wie ist die Aktivitätsperiodik der Kälber während der Aufzucht am Tränkeautomaten bei kontinuierlicher Registrierung zu charakterisieren und wie verändern sich die HF-Kennwerte bei männlichen und weiblichen Kälbern im Verlaufe eines Tages?
- (2) Lässt sich bei Tränkkälbern eine circadiane Rhythmik der HF nachweisen?
- (3) Welche Änderungen sind an der Aktivitätsperiodik und an der HF mit dem Alter der Tiere festzustellen?

Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden an Kälbern der Milchrindherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian, DHF; Deutsche Rotbunte, DRB) während der Winterstallhaltungsperiode 1997/1998 vorgenommen und betreffen Tiere, die in der Zeit vom 30.09.97 bis 01.05.98 geboren sind (75 DHF, 5 DRB, 37 männliche und 43 weibliche Kälber). Nach der Geburt blieben die Kälber bis zum Alter von 5 bis 7 Tagen in einer Gruppenbox für Kälber mit Stroheinstreu im Abkalbbereich des Stallgebäudes (Laufstall), in welchem die Milchrinder gehalten wurden. Die Kälber erhielten mehrmals Kolostrum der Mutter

(07.00 und 16.00 Uhr, 1 bis 2 l pro Angebot), danach gepoolte Frischmilch aus einem Eimer mit Nuckel. Pro Tier wurden 5 ml Myofer 200 (Hoechst) über die Milch verabreicht. Die weitere Aufzucht erfolgte in Gruppenhaltung (2,5 m² pro Tier bei voller Besetzung) mit Tränkeautomatenfütterung (Tränkeautomat der Fa. Förster) nach dem Tränkeschema: 1 Woche 6 l; 1 Woche 6 l auf 8 l ansteigend; 4 Wochen 8 l; 6 Wochen 8 l konstant auf 2 l abfallend; 1 Woche 2 l pro Tag der Flüssignahrung (Milchaustauscher, MAT, Färsenstart S von Denka Vit Futtermittel GmbH, 125 g pro Liter Wasser). Die Abrufmöglichkeit war auf 4 Zeitpunkte pro Tag (03.00, 08.00, 15.00 und 20.00 Uhr) beschränkt, und pro Abruf konnten nur maximal 2 l MAT erreicht werden. Pelletiertes Kraftfutter konnte über einen Automaten ansteigend bis maximal 3 kg pro Tag abgerufen werden. Gleichzeitig wurden Heu und Silage angeboten, und es bestand die Möglichkeit der Wasseraufnahme aus Selbsttränken und der Kochsalzaufnahme an Lecksteinen. Gruppengröße und -zusammensetzung änderten sich in Abhängigkeit von der Kalbungsfrequenz der Milchkuhherde, denn jüngere Kälber wurden in die Gruppe hineingebracht und ältere Kälber herausgenommen und in eine benachbarte Laufbox gleicher Größe umgesetzt. Die Messungen wurden an Kälbern im Alter von 5, 15, 40 und 60 LT vorgenommen und begannen nach der morgendlichen Fütterung, die zwischen 07.00 und 08.30 Uhr erfolgte. 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 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 Miederband von 15 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 (Beispiel Abb. 1) wurden mit einem speziellen Programm bearbeitet und für die Aktivitäts- und Ruheperioden im Tagesverlauf HF-Kennwerte (HFA und

HFR) errechnet. 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 darstellen (Abb. 3 und 4), um die Periodik erkennbar zu machen. Beginn und Dauer der Aktivitäts- und Ruheperioden sind 8 Tageszeitbereichen (TZB) von jeweils 3 Std. zugeordnet worden (Tab. 1 und 3). Durch permanente Videoaufzeichnungen konnten die mit Hilfe der Herzfrequenzkurve ermittelten Aktivitäts- und Ruheperioden der Tiere verifiziert werden.

Die Auswertung wurde gesondert für männliche und weibliche Tiere unter folgenden Gesichtspunkten vorgenommen: (1) Prüfung der Verteilungen von HF sowie der Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden mit dem Chi-Quadrat-Test, (2) Prüfung der HF und auch der Abweichungen der HF vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnungen sowie der Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden zwischen den Tageszeitbereichen an den Alterspunkten, (3) Prüfung der HF und der Zeitdauer der Aktivitäts- und Ruheperioden zwischen den Alterspunkten, (4) Prüfung der Beziehungen von HFA und HFR in den Tageszeitbereichen, jeweils an den Alterspunkten und auch zwischen den Alterspunkten. Weiterhin wurden Unterschiede der Häufigkeitsverteilungen und auch der Mittelwerte zwischen männlichen und weiblichen Kälbern an den Alterspunkten geprüft. Für die Bearbeitung der Ergebnisse nutzten wir PC-Statistik von Topsoft Hannover und Sigma Stat von Jandel Scientific Software und wendeten die Korrelations- und Regressionsrechnung sowie die Varianzanalyse (ANOVA und ANOVA for repeated measures) an. Multiple Mittelwertprüfungen wurden mit dem Bonferroni t-Test, Mittelwertprüfungen zweier Gruppen mit dem t-Test und Wilcoxon-Test vorgenommen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und im allgemeinen mit 5 % angenommen worden.

Ergebnisse

Herzfrequenzkennwerte der Tränkkälber an verschiedenen Alterspunkten

HF der Aktivitätsperioden (HFA) war bei männlichen Tränkkälbern im Alter von 40 und 60 LT und bei weiblichen Kälbern im Alter von 5 LT normalverteilt, HF der Ruheperioden (HFR) war bei männlichen und weiblichen Kälbern im Alter von 5 und von 60 LT normalverteilt (Abb. 2 und 3).

Die Häufigkeitsverteilungen von HFA unterschieden sich zwischen männlichen und weiblichen Kälbern bei 5 LT ($p < 0,0001$) und bei 60 LT ($p = 0,0004$), diejenigen von HFR bei 5 LT ($p < 0,0001$), bei 15 LT ($p < 0,0001$) und bei 60 LT ($p = 0,0006$) sicher. Zwischen den Alterspunkten unterschieden sich die Häufigkeitsverteilungen von HFA und HFR bei den Kälbern sicher (Ausnahmen

männliche Tiere HFA 15 LT vs 40 LT, 40 LT vs 60 LT und HFR 5 LT vs 60 LT).

Die mittleren HFA betragen 112 ± 15 , 102 ± 17 , 103 ± 17 , 107 ± 14 bei männlichen und 120 ± 18 , 101 ± 14 , 107 ± 16 , 111 ± 12 bei weiblichen Kälbern, und die mittleren HFR betragen 96 ± 14 , 87 ± 16 , 87 ± 16 , 92 ± 13 bei männlichen und 100 ± 16 , 85 ± 13 , 89 ± 15 , 93 ± 10 bei weiblichen Kälbern an den Alterspunkten 5, 15, 40 und 60 LT. HFA und HFR unterschieden sich bei männlichen und auch bei weiblichen Tieren an den Alterspunkten signifikant. Unterschiede der Mittelwerte zwischen männlichen und weiblichen Kälbern waren für HFA bei 5 LT ($p < 0,0001$), 40 LT ($p = 0,0033$) und bei 60 LT ($p = 0,0018$) und für HFR bei 5 LT ($p = 0,0004$) sowie bei 15 LT ($p = 0,0365$) sicher. Die mittlere HFA und HFR wurde bei Tränkkälbern bis zum Alter von 15 LT signifikant verringert und bei 40 und 60 LT wieder vergrößert (Tab. 1). Die Mittelwerte von HFA und auch diejenigen von HFR unterschieden sich zwischen den Alterspunkten signifikant.

Die mittleren Steigerungen von HF (HFA-HFR) männlicher Kälber betragen 17 ± 9 ; 15 ± 8 ; 16 ± 7 und 15 ± 7 und diejenigen weiblicher Kälber betragen 20 ± 9 , 17 ± 8 , 18 ± 8 , 18 ± 7 bei einem Alter von 5, 15, 40 und 60 LT. Sie unterschieden sich zwischen männlichen und weiblichen Kälbern an allen Alterspunkten signifikant. Zwischen den Alterspunkten waren die mittleren Steigerungen von HF (HFA – HFR) bei männlichen Tieren nicht verschieden, und bei weiblichen Tieren im Alter von 5 LT war die Steigerung signifikant größer als an den übrigen Alterspunkten.

Periodik der Herzfrequenz

Die mittleren HFA der Tageszeitbereiche männlicher Kälber bei 15 LT ($p = 0,0287$) und diejenigen weiblicher Kälber bei 5 LT ($p = 0,0006$) und die mittleren HFR der Tageszeitbereiche männlicher Kälber bei 40 LT ($p = 0,0449$) und diejenigen weiblicher Kälber bei 40 LT ($p = 0,0046$) und 60 LT ($p = 0,0093$) unterschieden sich sicher (Tab. 1). Bei Tränkkälbern im Alter von 5 LT sind Häufungen größerer HF an den Tränkepunkten (07.00 und 16.00 Uhr) deutlich festzustellen gewesen (Abb. 4). Bei Kälbern im Alter von 15, 40 und 60 LT sind in einigen Fällen größere HF an den Abruftzeitpunkten des MAT (03.00, 08.00, 15.00 und 20.00 Uhr) zu beobachten gewesen. Die Verteilung der Abweichungen der HF vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung deutet bei HFA eine circadiane Periodik an (Abb. 4). Die mittleren Abweichungen der HF während der Aktivitätsperioden (HFA) unterschieden sich zwischen den Tageszeitbereichen hoch signifikant (Tab. 2). Die Abweichungen der HF während der Ruheperioden (HFR) vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung ließen eine circadiane Periodik deutlich erkennen (Abb. 5, Tab. 2). Die Mittelwerte der Abweichungen der HF während der Ruheperioden unterschieden sich zwischen den Tageszeitbereichen

bei männlichen und weiblichen Kälbern an allen Alterspunkten hoch signifikant (Tab. 2). Die kleinsten HFR wurden zwischen 7.00 und 12.00 Uhr und die größten zwischen 21.00 und 02.00 Uhr erreicht. Mit dem Alter und der Entwicklungsqualität der Kälber trat offensichtlich eine stärkere Ausprägung der Schwingung und eine Phasenverschiebung der circadianen Rhythmik der HFR ein (Abb. 5).

Aktivitäts- und Ruheperioden

Die Dauer der Aktivitäts- (ZDA) und Ruheperioden (ZDR) wies eine beträchtliche Variation an allen Alterspunkten und keine Normalverteilung auf (Abb. 6 und 7). Die Verteilungen der Zeitdauer der Aktivitätsperioden unterschieden sich zwischen den Alterspunkten (Ausnahme 40 LT vs 60 LT bei männlichen und weiblichen Kälbern) hoch signifikant (Tab. 3). Die Verteilungen der Zeitdauer der Ruheperioden unterschieden sich nur bei weiblichen Kälbern zwischen 5 und 40 LT ($p = 0,0284$) sowie zwischen 5 und 60 LT ($p = 0,0022$) sicher (Tab. 3). An den Alterspunkten unterschieden sich die Häufigkeitsverteilungen der Aktivitätsperioden männlicher und weiblicher Kälber nur bei 5 LT sicher ($p = 0,0408$) und die der Ruheperioden nicht. Die häufigsten ZDA waren 20 bis 40 min bei 5 LT, 20 bis 60 min bei 15 LT, 40 bis 60 min bei 40 LT und 40 bis 80 min bei 60 LT. Bei einem Alter von 5 LT hatten männliche Kälber gegenüber weiblichen mehr ZDA von 40 min Dauer. Die häufigsten ZDR waren 40 bis 120 min bei 5 LT, 40 bis 100 min (männliche) und 40 bis 120 min (weibliche) bei 15 LT, 40 bis 120 min (männliche) und 40 bis 160 min (weibliche) bei 40 LT sowie 40 bis 120 min bei 60 LT. Direkte Beziehungen zwischen ZDR und ZDA konnten nicht nachgewiesen werden. Die mittlere Zeitdauer der Aktivitätsperioden war bei weiblichen Kälbern zwischen den Tageszeitbereichen an allen Alterspunkten signifikant verschieden (Tab. 3), bei männlichen Kälbern nur bei 40 LT ($p < 0,0001$).

Längere Aktivitätsperioden männlicher Kälber waren bei 5 LT zwischen 00.00 und 03.00 Uhr, 15.00 und 18.00 Uhr sowie 21.00 und 24.00 Uhr und solche weiblicher Kälber zwischen 06.00 Uhr und 09.00 Uhr sowie zwischen 15.00 Uhr und 18.00 Uhr festzustellen. Signifikant waren die Mittelwerte 15.00 bis 18.00 Uhr ($p < 0,01$) und diejenigen 21.00 bis 24.00 Uhr ($p < 0,05$) größer gegenüber den übrigen Tageszeiten. Bei Kälbern im Alter von 15 LT war die Dauer der Aktivitätsperioden bei männlichen Tieren zwischen 06.00 und 09.00 Uhr sowie zwischen 12.00 und 21.00 Uhr und bei weiblichen Tieren zwischen 12.00 und 21.00 Uhr größer als in den übrigen Tageszeitbereichen, zu sichern waren die Mittelwertunterschiede nur bei weiblichen Tieren (Tab. 3). Bei 40 und 60 LT sind die Aktivitätsperioden länger als an den vorangegangenen Alterspunkten. Bei 40 LT hatten männliche Tiere zwischen 00.00 und 03.00 Uhr sowie zwischen 15.00 und 24.00 Uhr und weibliche Tiere zwischen 00.00 und 03.00

Uhr sowie zwischen 18.00 und 24.00 Uhr längere Aktivitätsperioden. Bei 60 LT veränderte sich die Verteilung der Aktivitätsperioden nur geringgradig gegenüber 40 LT.

Die mittlere Zeitdauer der Ruheperioden männlicher und weiblicher Kälber war zwischen den Tageszeitbereichen an allen Alterspunkten hoch signifikant verschieden (Tab. 3, Abb. 7). Längere ZDR waren zwischen 00.00 und 06.00 Uhr, 09.00 und 12.00 Uhr, 15.00 und 18.00 Uhr sowie zwischen 21.00 und 24.00 Uhr festzustellen.

Individuelle Variation und Individualspezifität der Herzfrequenzkennwerte

Die beträchtliche inter- und intraindividuelle Variation von HF ist an Tab.1 sowie an den Abb. 4 und 5 zu erkennen. Mit Hilfe der Korrelationsrechnung wurde geprüft, in welchem Maße HF unter verschiedenen Bedingungen in individualspezifischer Weise geändert wird. Zwischen HFR und HFA ließen sich an allen Alterspunkten ($r = 0,808$ bis $r = 0,911$) und auch an den Tageszeitbereichen ($r = 0,702$ bis $r = 0,96$) sehr enge Korrelationen (sämtlich $p < 0,0001$) nachweisen.

Diskussion

Bemerkenswert ist eine große interindividuelle Variation und eine hohe Individualspezifität der Herzfrequenz (HF), die bei Saugkälbern (Lehr, 1997; Steinhardt et al., 1997) und auch bei Tränkkälbern (Ermgassen, 1996) beschrieben worden ist und deren Ursachen und Beziehungen zu anderen physiologischen Variablen weiter zu untersuchen wären. Negative Beziehungen konnten zu den Hämoglobinwerten, die in weiteren Untersuchungen ermittelt worden sind, bei einem Alter von 5 LT (männliche Kälber HFA: $r = -0,567$; $p = 0,0031$; HFR: $r = -0,486$; $p = 0,0112$) und bei 15 LT (männliche Kälber HFA: $r = -0,362$; $p = 0,0494$; HFR: nicht; weibliche Kälber HFA: $r = -0,611$; $p = 0,0005$; HFR: $r = -0,557$; $p = 0,0017$) festgestellt werden, was wahrscheinlich mehr mit formalen als mit kausalen Ursachen in Verbindung steht. Die Verkleinerung der HF zwischen 5 und 15 LT, die auch in früheren Untersuchungen beschrieben worden ist (Ermgassen, 1996), ist auf die verminderte Stoffwechselintensität und die eingeschränkte Wachstumsrate der Kälber in dieser Anpassungsperiode (Steinhardt u. Thielscher, 2000a) zurückzuführen. Die gegenüber 15 LT wieder größere HF der Kälber im Alter von 40 und 60 LT (Tab. 1) steht mit dem intensiveren Stoffwechsel und der zunehmenden Wachstumsrate in Verbindung. Eine deutliche Steigerung der HF konnte beim Stehen der Tiere gegenüber dem Liegen bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung (Lehr, 1997; Steinhardt u. Thielscher, 2000b) und in dieser Untersuchung auch bei Tränkkälbern festgestellt werden. Die unterschiedlichen Korrelationsgrade zwischen Hämoglobingehalt und HF bei männlichen und weiblichen Kälbern und die stärkeren Steigerungen der HF während der Akti-

vitätsperioden bei weiblichen Tieren weisen auf Entwicklungsunterschiede hin. Dies und die mit der motorischen Aktivität und der Nahrungsaufnahme verbundenen Aktivierungen sympathischer nervaler Funktionen (Bloom et al., 1975; Bowman et al. 1997, Ermgassen, 1996) erklären zum Teil die signifikant größeren mittleren Steigerungen von HF (HFA - HFR) der weiblichen Kälber im Alter von 5 LT gegenüber männlichen und gegenüber älteren Tieren (Abb. 3).

Die Mittelwerte von HFA und HFR ließen im Tagesverlauf regelmäßige Änderungen erkennen (Tab. 1), Differenzen der Mittelwerte zwischen den Tageszeitbereichen waren jedoch nicht zu sichern. Bei Eliminierung der interindividuellen Variation der HF (siehe Material und Methoden) wurde offensichtlich, dass bei mutterlos am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern eine circadiane Periodik der Herzfrequenz nachzuweisen ist, die insbesondere während der Ruheperioden deutlicher als in den Aktivitätsperioden hervortritt. Variationen der HF während der Aktivitätsperioden im Tagesverlauf waren größer als jene der Ruheperioden und gingen in vielen Fällen über ± 10 Herzschläge pro Minute hinaus (Abb. 4). Die bei wachsenden und adulten Tieren möglichen Typen der Periodizität wie circadiane und infradiane Rhythmen offenbaren die Variabilität der Effekte sympathischer und parasympathischer 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). Bei Wiederkäuern werden Schlaf-Wach-Zyklen durch Nahrungsaufnahme und Fermentationsprozesse in den Vormägen bestimmt, was bei zunehmender Festfutteraufnahme und Entwicklung der Verdauung in den Vormägen von immer größerem Einfluß wird und individuell sehr unterschiedlich erfolgen kann. Die Bedeutung 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 mit der Nahrungssuche und -aufnahme verbundene motorische Aktivität und sympathische Aktivierung der Tränkekälber bedingt HF-Steigerungen in kleineren Rhythmen, und der circadiane Rhythmus wird dadurch offensichtlich überlagert (Abb. 4).

Untersuchungen über das Verhalten der Kälber am Tränkestand und zu den Tränkzeiten (Zerbe, 1998) zeigen, dass die Abrufmöglichkeit für MAT und die mit dem Tränken verbundenen Aktivitäten der Tiere als Zeitgeber wirken können. Die sogenannten Kontrollbesuche (Saugen ohne Milchabruf) waren an allen Abrufzeitpunkten häufiger als die Besuche mit Milchabruf, sie waren überwiegend vor diesen zu beobachten, und ihre Häufigkeit nahm im Verlaufe des Tages an den Abrufzeitpunkten zu. Zu bedenken ist, dass sich bei den Kälbern bedingte Reak-

tionen auf die Geräusche des Automaten entwickeln und dass die Kälber die pro Tag vorgesehene Milchmenge in der ersten Woche am Automaten (in der 2. Lebenswoche) gänzlich an 3 der 4 Abrufzeitpunkte erhalten können. Von der 2. bis 6. Woche am Tränkeautomaten (3. bis 7. Lebenswoche) kann die vorgesehene MAT-Menge nur an 4 Abrufterminen und in der 7. bis 13. Woche (8. bis 14. Lebenswoche) kann die Tagesmenge an immer weniger Abrufzeitpunkten gänzlich erlangt werden. Außerdem nutzten die Tiere vermehrt das in Raufen angebotene Heu, die im Futtergang vorgelegte Silage und die im Krafffutterautomaten verfügbare Nahrung. Es bestehen mehrere Haupteinflussfaktoren auf das Aktivitätsniveau der Kälber, die sich aus Alter und Entwicklungsqualität, typmäßiger Reaktionsweise einerseits und Gruppenzusammensetzung, Nahrungsverfügbarkeit, Serviceperioden, Lichtrhythmus andererseits ergeben. Die deutliche circadiane Verteilung der HFR und deren Phasenverschiebung mit zunehmendem Alter der Kälber (Abb. 5, Tab. 2) weisen auf die Adaptation der Tiere an diese Haupteinflussfaktoren hin. Kleinste HFR waren bei 5 LT vor den beiden Tränketerminen sowie zwischen 22.00 und 24.00 Uhr festzustellen. Bei sehr jungen Kälbern wurde HFR nach der Nahrungsaufnahme beträchtlich gesteigert (Abb. 5). Die Häufigkeit der Nahrungsaufnahme, die Entwicklung der Verdauungsorgane sowie Menge und Qualität der von den Tieren aufgenommenen Nahrung können eine größere Rolle spielen. Mit zunehmendem Alter waren kleinste HFR zwischen 08.00 bis 12.00 Uhr und zwischen 10.00 bis 14.00 Uhr zu beobachten. Intensivere Untersuchungen an einzelnen Kälbern im Verlaufe der Aufzuchtperiode wären notwendig, um die Beziehungen der Rhythmizität physiologischer Variablen mit den Nutzleistungskriterien unter spezifischen Haltungsbedingungen genauer charakterisieren zu können.

Die durch Analyse der HF-Kurven ermittelten Aktivitätsperioden wiesen eine beträchtliche inter- und intraindividuelle Variation auf. Häufungen der Dauer der Aktivitätsperioden und auch der Ruheperioden in den Klassen 20 und 40 min bei Kälbern von 5 LT und auch noch bei solchen von 15 LT deuten auf den häufigeren Wechsel zwischen Ruhe und Aktivität hin (Abb. 6 und 7), wobei bei Kälbern im Alter von 5 LT auch Ruheperioden bis 80 min insbesondere bei weiblichen Kälbern vermehrt vorgekommen sind. Rhythmische Änderungen der Dauer der Aktivitätsperioden von Kälbern deuteten sich an den Mittelwertunterschieden an (Tab. 3), waren jedoch nur an den Alterspunkten 5 und 15 LT zu sichern und generell nicht so deutlich wie z. B. bei Färsen während der Weidehaltung ausgeprägt (Steinhardt u. Thielscher, 2000c). Soziale Synchronisierungseffekte haben bei Haltungsvarianten mit automatischer Futterverabreichung und räumlich sowie zeitlich beschränkter Nahrungsverfügbarkeit anscheinend nicht so vorteilhafte Wirkungen für den größten Anteil der Tiere wie bei Haltungsbedingungen von Rindern mit nahezu unbegrenzter Nahrungsverfügbarkeit

(Weidehaltung). Bemerkenswert ist die Häufung längerer Ruheperioden nach MAT-Abbruchzeiten. Zerbe (1998) stellte bei 4 vorgegebenen Tränkeabrufterminen 3 Aktivitätsphasen und ein hohes Aktivitätsniveau zwischen 08.00 und 12.00 Uhr (Serviceperiode 09.00 bis 10.00 Uhr), zwischen 14.00 und 18.00 Uhr sowie zwischen 20.00 und 23.00 Uhr fest. Stärkere Tiere verweilten infolge der ständigen „Eigenbelohnungen“ häufiger und länger im Tränkestand und erwarben einen höheren Anspruch an „Spielsaugen“. Einflüsse des Alters der Kälber sind in der Untersuchung anscheinend nicht genauer analysiert worden.

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. Bestimmende Faktoren während der Winterstallhaltung sind insbesondere die Nahrungsverfügbarkeit, die räumlichen Bedingungen, Zeitpunkt und Dauer der Serviceperioden sowie die sich ändernde Gruppenzusammensetzung. Vergrößerung der Bodenfläche von 1,4 m² auf 4 m² pro Kalb (zweimalige Fütterung pro Tag) hatte eine Zunahme des lokomotorischen Spielens bei 4 bis 6 Wochen alten Kälbern zur Folge (Jensen et al., 1998). 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 Zeitanteile während dieser Aufzuchtperiode haben und werden darüber hinaus in der vorliegenden Untersuchung durch die Aktivitäten am und im Tränkestand überlagert. Der Grad des lokomotorischen Spielens und dessen Synchronie verringerten sich über die Wochen bei mutterlos aufgezogenen Kälbern, das spielerische Kämpfen, in welches männliche Tiere mehr einbezogen waren, jedoch nicht (Jensen u. Kyhn, 2000).

Die Untersuchungen lassen die unterschiedliche Entwicklungsqualität der Kälber und die Herausbildung sowie auch die Änderung der Rhythmizität physiologischer Variablen bei Milchrindkälbern während der Aufzucht am Tränkeautomaten und einige Besonderheiten diesbezüglich bei männlichen und weiblichen Kälbern erkennen. Weibliche Kälber hatten signifikant größere HF-Kennwerte, reagierten bei Aktivierung mit einer stärkeren HF-Steigerung und hatten längere Ruheperioden bei 15 und 40 LT. Die Zeitdauer der Aktivitätsperioden unterschied sich deutlicher zwischen den Tageszeitbereichen und deren Verteilung im Tagesverlauf war anders als bei männlichen Kälbern.

Literatur

- Bloom, S. R., A. V. Edwards, R. N. Hardy, K. W. Malinowskja, M. Silver (1975): Cardiovascular and endocrine responses to feeding in the young calf. *J. Physiol. Lond.* 253, 135-155
- Bowman, E. C. J., G. P. Roderick, S. R. Bloom, A. V. Edwards (1997): Role of adrenoceptors in the hypertensive response to feeding in the conscious calf. *Am. J. Physiol.* 272 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 41), R607-R614
- Byers, J. A. (1984): Play in ungulates. In: Smith, P. K. (ed.): *Play in Animals and Humans*. Basil Blackwell Publ. Lm. Pt. 1, 43-65
- Ermgassen, K. (1996): Untersuchungen zur Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. *Vet. med. Diss. Leipzig*
- Grünberg, W. (1996): Untersuchung zur Eignung der Rinderrasse Deutsch Schwarzbunt (DSB) für eine ganzjährige Außenhaltung in besonderer Berücksichtigung der Abkalbung. *Vet. med. Diss. Hannover*
- Hernandez, M. V., Etta, K. M., Reineke, E. P., Oxender, W. D., Hafs, H. D. (1972): Thyroid function in the prenatal bovine. *J. Anim. Sci.* 34, 780-785
- Hopster, H., H. J. Blokhuis (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., R. Kyhn (2000): Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67, 35-46
- Jensen, M. B., K. S. Vestergaard, C. C. Krohn (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. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 177*, 138-148.
- Matsui, K., S. Sugano (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., H. Krzywaneck (1995): Endogenous oscillator and regulatory mechanisms of body temperature in sheep. *Physiol. Behav.* 57, 339-347
- Sato, K., F. Chatani, S. Sato (1995): Circadian and short-term variabilities in blood pressure and heart rate measured by telemetry in rabbits and rats. *J. Auton. Nerv. Syst.* 54, 234-246
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, Tatiana, von Horn, R., Smidt, D. (1995): Schilddrüsenhormone bei schnittentbundenen Saugkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen. *Maternofetale Beziehungen und frühe postnatale Adaptationsreaktionen. Dtsch. tierärztl. Wschr.* 102, 430 - 434
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Dehn, H., von Horn, Tatiana, von Horn, R., Smidt, D. (1996a): Hämoglobinkonzentration des Blutes neugeborener Kälber. Einflüsse des Alters des Muttertieres, der Haltungsbedingungen und des Geburtsverlaufes. *Landbauforschung Völkenrode* 46, 84 - 94
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, Tatiana, von Horn, R., Ermgassen, Katja, Smidt, D. (1996b): Schilddrüsenhormone bei Milchrindkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen. *Varia-*

- tionsbreite, maternofetale Beziehungen und individualspezifische Reaktionsformen. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 103, 136 – 141
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher, K. Ermgassen, A. Lehr (1997): Langzeitmessungen in entwicklungs- und verhaltensphysiologischen Untersuchungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel der Herzschlagfrequenz. *Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN)*, Heft 9, 47-70
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher (2000a): Herzfrequenzkennwerte, Aktivitätsperioden und Blutmeßwerte trächtiger, nicht laktierender Rinder bei Weidehaltung. *Tierärztliche Umschau* 55 (3), 133-140
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher (2000b): Wachstum und Entwicklungsqualität von Milchrindkälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. *Physiologische Variablen und deren Änderungen in spezifischen Altersperioden. Arch. Tierzucht*, 43 (1), 27-44
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher (2000c): Herzfrequenz und Tagesperiodik bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung an verschiedenen Alterspunkten. *Tierärztl. Umschau* (im Druck)
- Yamaya, Y., K. Kubo, A. Amada (1994): Diurnal rhythms of R-R interval and R-R interval variability in the young thoroughbred horse. *J. Equine Sci.* 5, 83-86
- Zerbe, F. (1998): Einsatz von Tränkeautomaten in der Gruppenhaltung von Aufzuchtältern unter besonderer Berücksichtigung des Saug- und Futteraufnahmeverhaltens. *Vet. Med. Diss. Hannover*

Anhang: Abbildungen und Tabellen

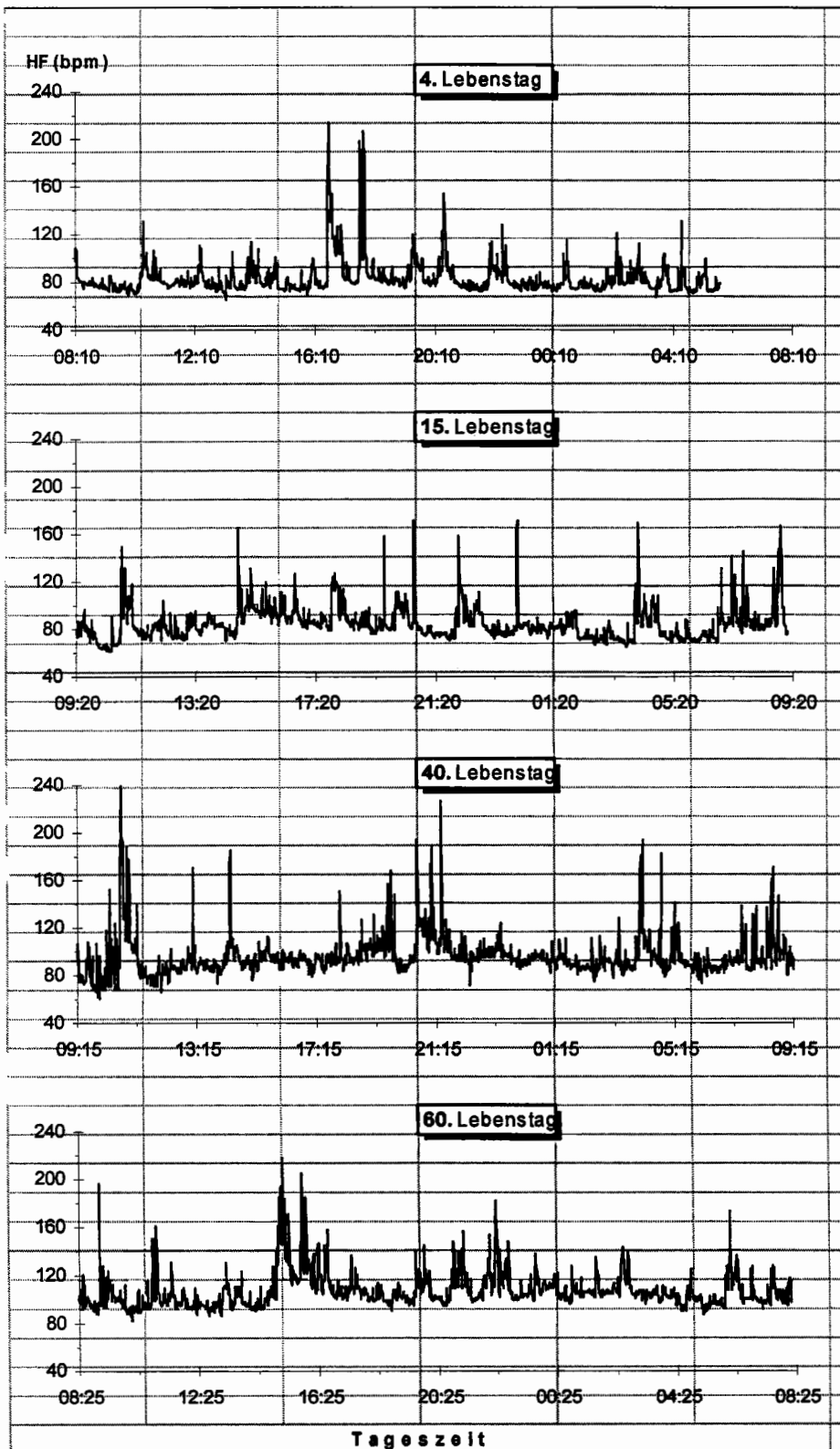


Abb.1: Herzfrequenzkurve eines Milchrindkalbes an 4 Alterspunkten vor und während der Aufzucht am Tränkeautomaten

Fig. 1: Heart rate recording from a dairy calf at four age points before and during rearing with automatic milk replacer supply

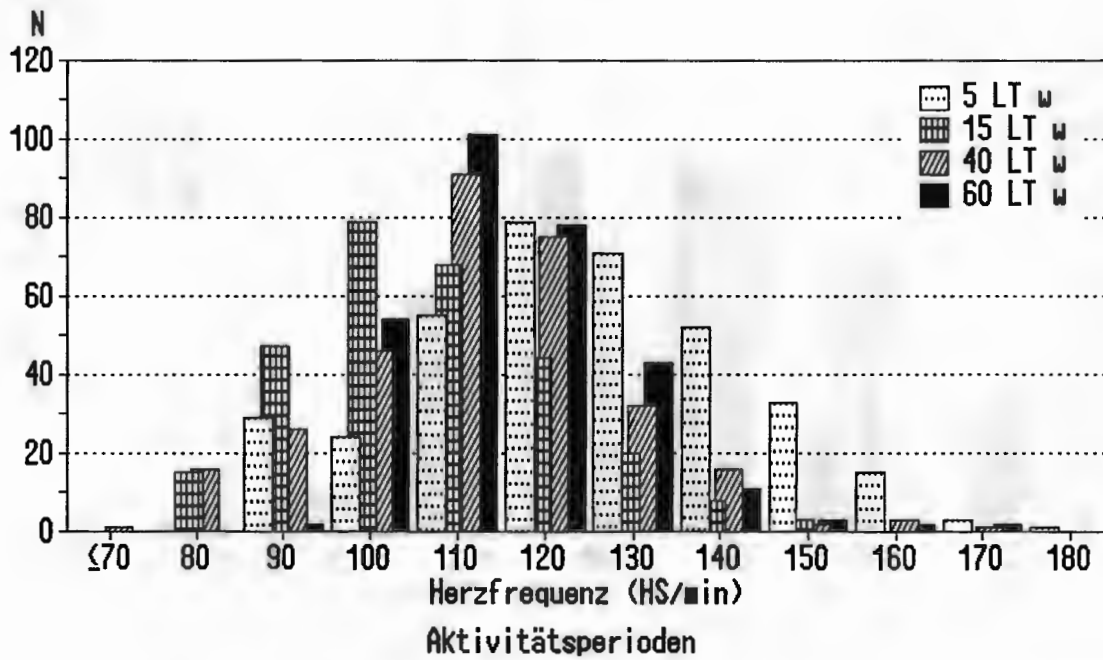
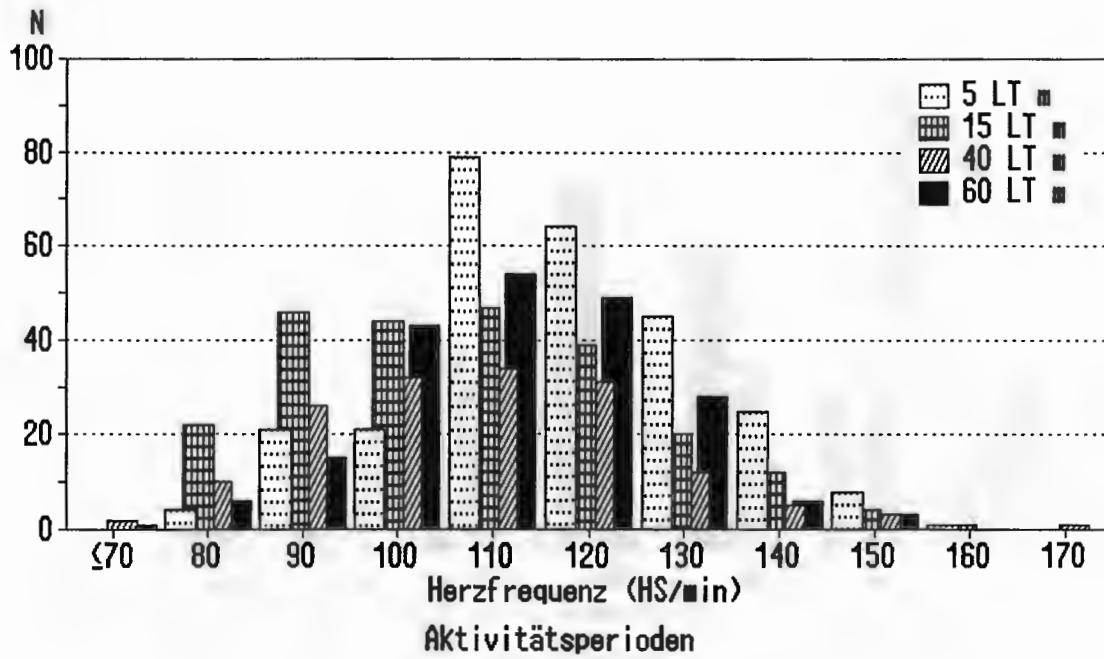


Abb.2: Häufigkeitsverteilungen der Herzfrequenz von männlichen (oberer Teil) und weiblichen (unterer Teil) Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten während der Aktivitätsperioden

Fig. 2: Frequency distributions of characteristic heart rate values during activity periods in male (top) and female (bottom) calves at different age points

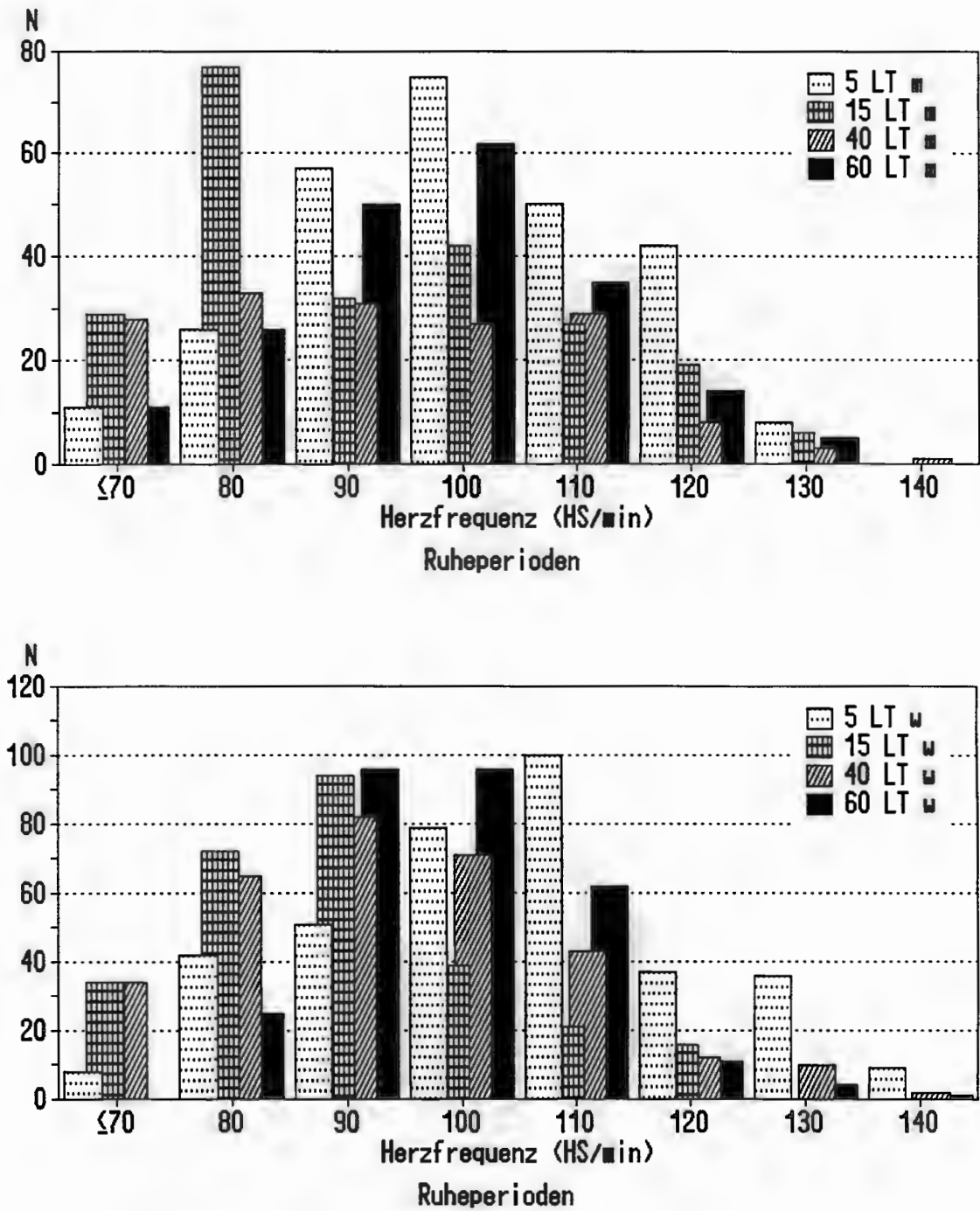


Abb. 3: Häufigkeitsverteilungen der Herzfrequenz von männlichen (oberer Teil) und weiblichen (unterer Teil) Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten während der Ruheperioden
 Fig.3: Frequency distributions of characteristic heart rate values during rest periods in male (top) and female (bottom) calves at different age points

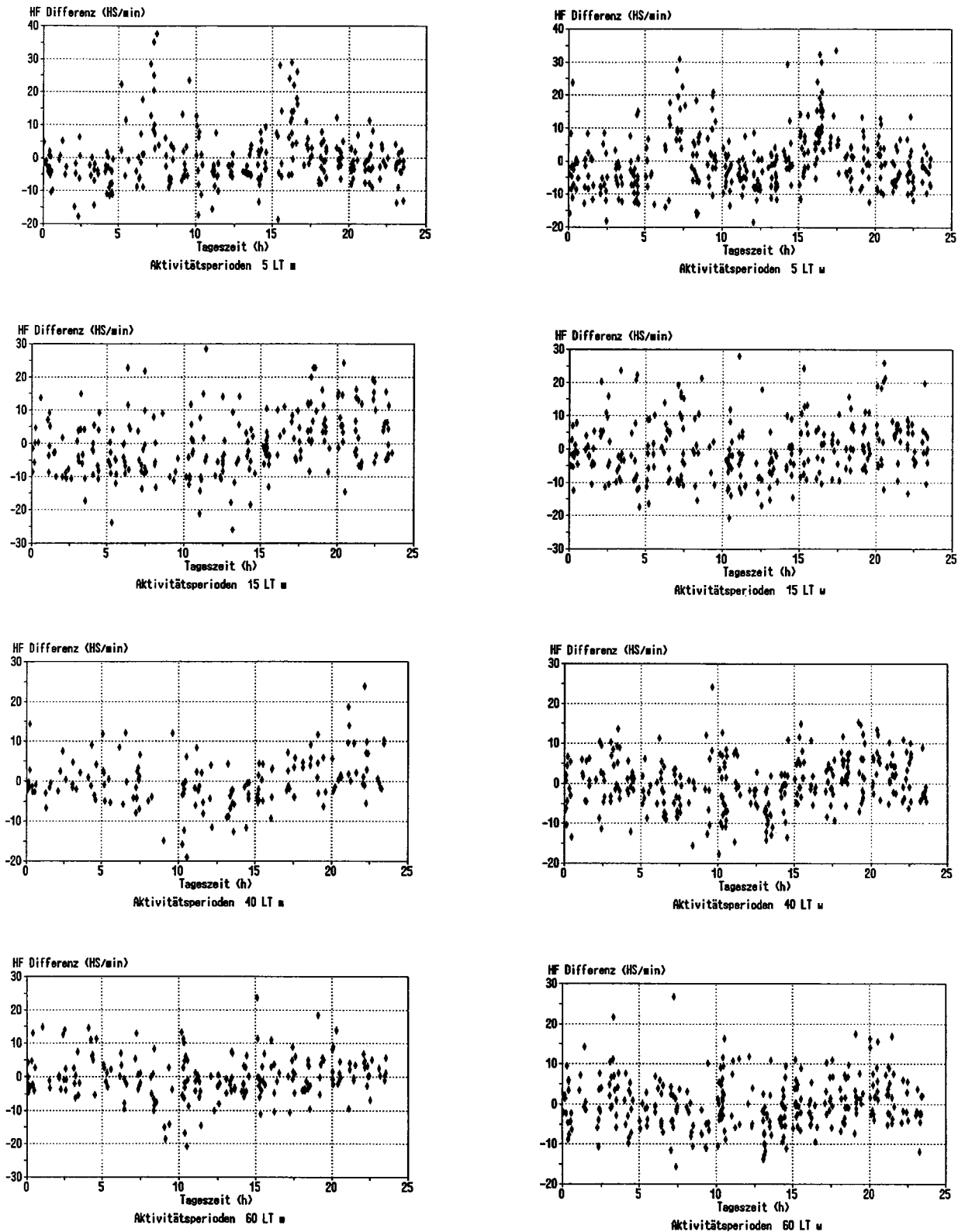


Abb. 4: Abweichungen der HF männlicher (linker Teil) und weiblicher (rechter Teil) Tränkkälber im Tagesverlauf vom Mittelwert der individuellen Tagesaufzeichnung während der Aktivitätsperioden bei 5, 15, 40 und 60 Lebenstagen (von oben nach unten), Einzelwerte

Fig. 4: Deviations of heart rate in male (left part) and female (right part) calves during the course of a day from the mean of the individual daytime recording, activity periods at 5, 15, 40 and 60 days of age (top to bottom), single values

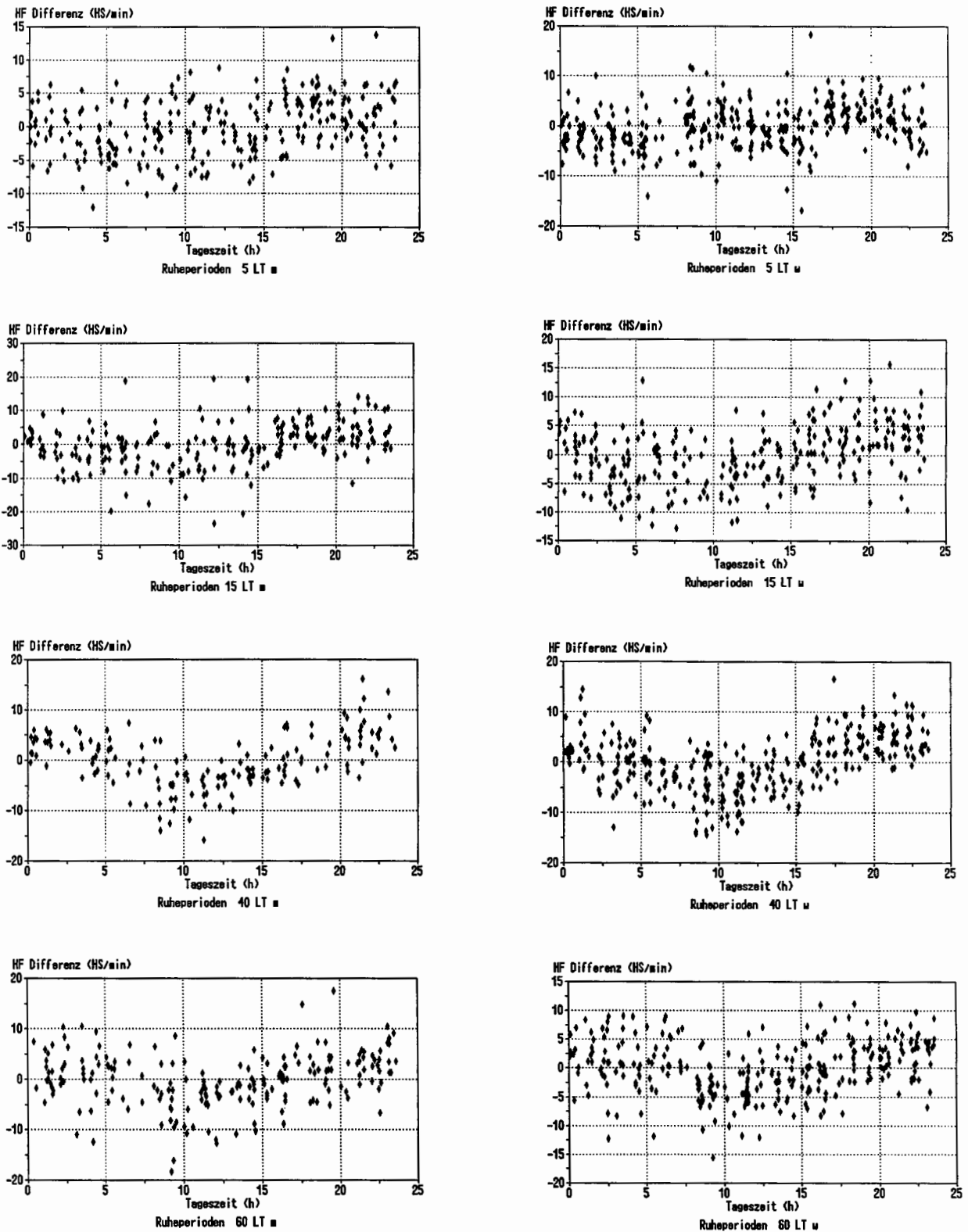


Abb. 5: Abweichungen der HF männlicher (linker Teil) und weiblicher (rechter Teil) Tränkkälber im Tagesverlauf vom Mittelwert der individuellen Tagesaufzeichnung während der Ruheperioden bei 5, 15, 40 und 60 Lebenstagen (von oben nach unten), Einzelwerte

Fig. 5: Deviations of heart rate in male (left part) and female (right part) calves during the course of a day from the mean of the individual daytime recording, rest periods at 5, 15, 40 and 60 days of age (top to bottom), single values

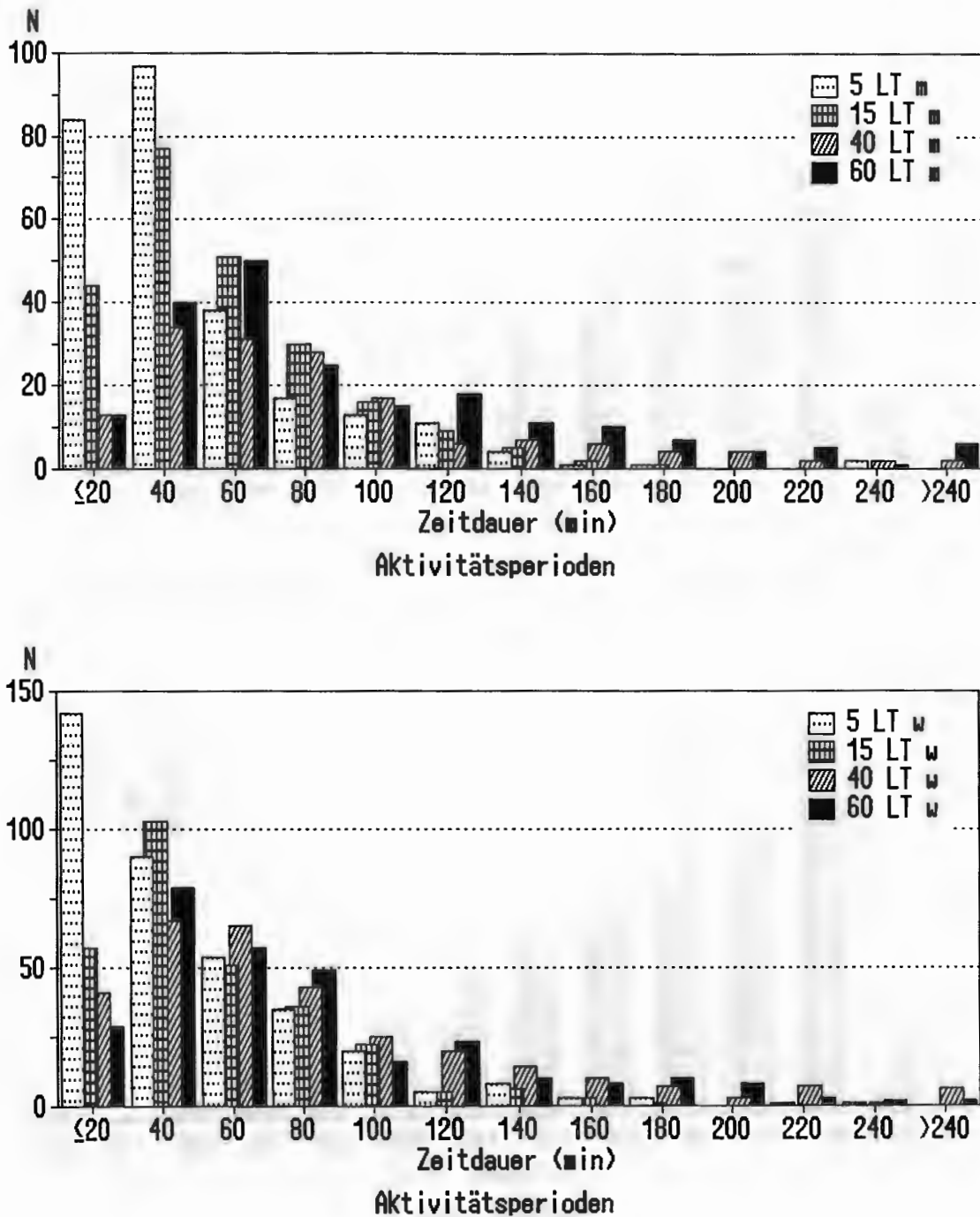


Abb. 6: Häufigkeitsverteilungen der Zeitdauer der Aktivitätsperioden männlicher (oberer Teil) und weiblicher (unterer Teil) Tränkkälber an verschiedenen Alterspunkten

Fig. 6: Frequency distributions of the duration of activity periods in male (top) and female (bottom) calves at different age points

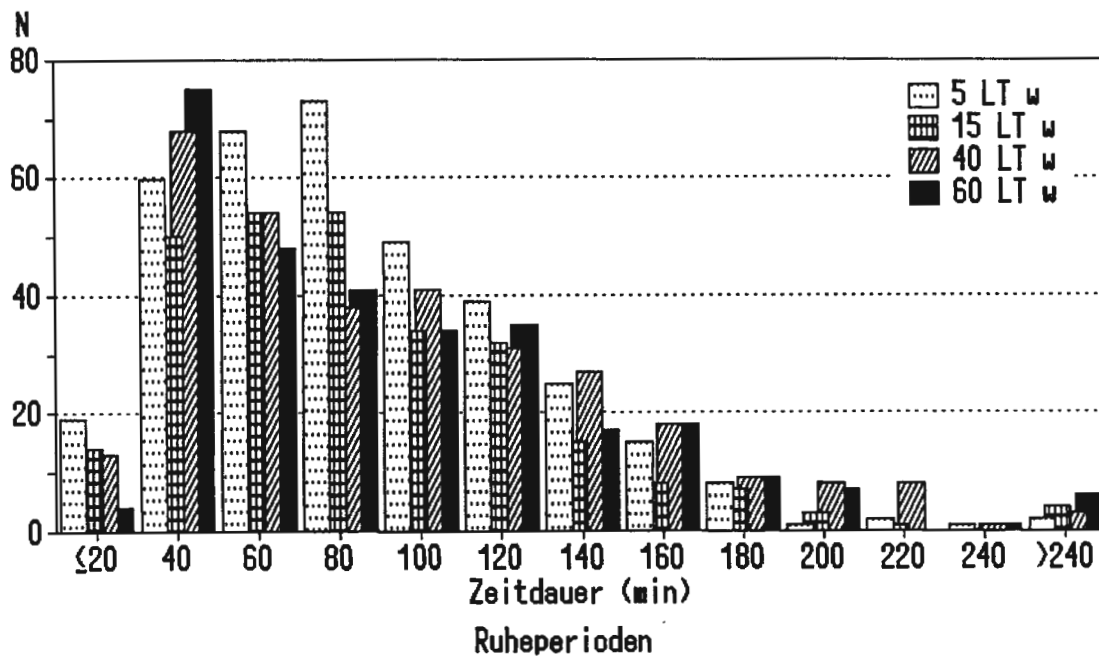
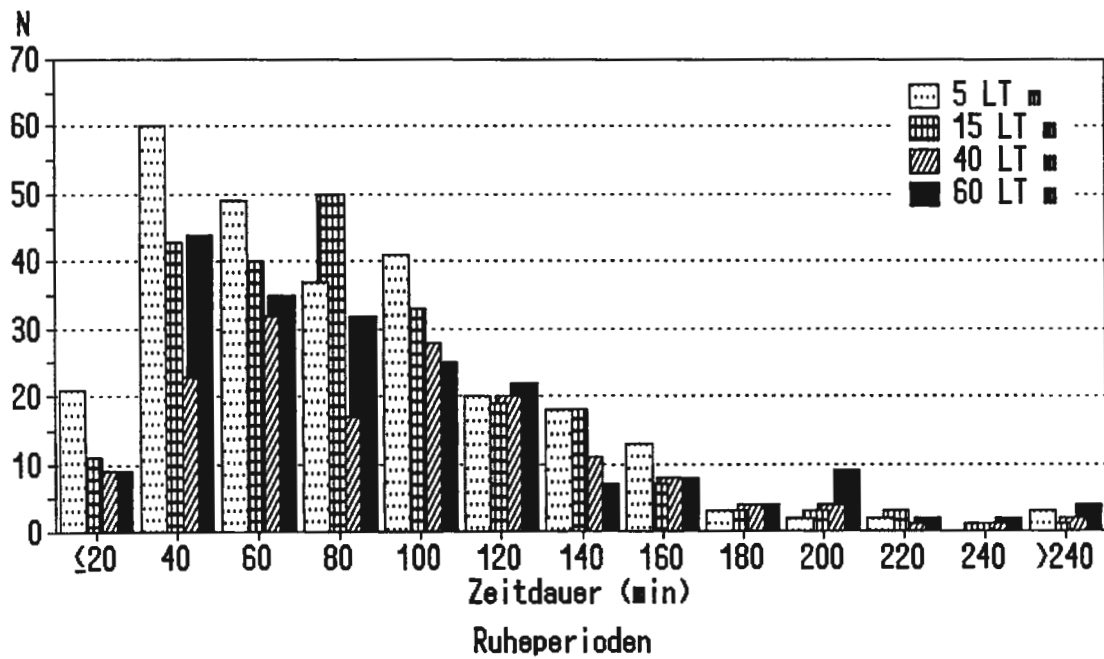


Abb. 7: Häufigkeitsverteilungen der Zeitdauer der Ruheperioden männlicher (oberer Teil) und weiblicher (unterer Teil) Tränkkälber an verschiedenen Alterspunkten
 Fig. 7: Frequency distributions of the duration of rest periods in male (top) and female (bottom) calves at different age points

Tab. 1: Herzfrequenzkennwerte (Herzschläge/min) der Aktivitäts- (HFA) und Ruheperioden (HFR) männlicher (m) und weiblicher (w) Milchrindkälber in 8 Tageszeitzbereichen, Gruppen nach dem Alter, Mittelwerte und Standardabweichungen

Table 1: Characteristic heart rate values (beats per minute) of the activity (HFA) and of the rest periods (HFR) from male (m) and female (w) dairy calves in eight daytime periods, groups by the life age, MV \pm SD

		5 LT HFA		15 LT HFA		40 LT HFA		60 LT HFA	
		m	w	m	w	m	w	m	w
00.00-03.00	x	110,1	113,5 ^a	97,9 ^a	101,6	105,1	107,0	109,8	111,3
	s	$\pm 14,9$	$\pm 17,3$	$\pm 14,0$	$\pm 15,5$	$\pm 15,2$	$\pm 17,4$	$\pm 15,5$	$\pm 10,4$
03.00-06.00	x	110,6	114,4 ^a	97,5 ^a	98,7	105,8	107,9	112,7	110,5
	s	$\pm 11,9$	$\pm 18,1$	$\pm 14,8$	$\pm 14,3$	$\pm 19,8$	$\pm 13,3$	$\pm 14,8$	$\pm 11,8$
06.00-09.00	x	117,2	125,4 ^{b,c}	102,0 ^a	103,2	103,0	104,3	105,2	110,4
	s	$\pm 17,1$	$\pm 18,1$	$\pm 16,7$	$\pm 14,0$	$\pm 14,4$	$\pm 15,7$	$\pm 14,0$	$\pm 12,6$
09.00-12.00	x	110,2	121,0 ^b	97,6 ^a	98,5	96,6	106,8	101,4	111,0
	s	$\pm 16,5$	$\pm 18,5$	$\pm 20,5$	$\pm 14,2$	$\pm 14,7$	$\pm 17,5$	$\pm 17,2$	$\pm 13,8$
12.00-15.00	x	111,9	117,2 ^a	98,9 ^a	97,0	98,0	103,4	106,0	107,8
	s	$\pm 13,9$	$\pm 19,9$	$\pm 18,4$	$\pm 15,0$	$\pm 18,6$	$\pm 16,1$	$\pm 12,0$	$\pm 13,1$
15.00-18.00	x	116,5	127,5 ^{b,c}	103,4 ^a	101,8	101,5	106,8	108,3	108,5
	s	$\pm 17,9$	$\pm 17,9$	$\pm 16,2$	$\pm 14,1$	$\pm 14,4$	$\pm 16,3$	$\pm 14,3$	$\pm 10,0$
18.00-21.00	x	111,1	120,8 ^b	109,1 ^b	105,3	102,7	111,2	108,4	113,6
	s	$\pm 14,3$	$\pm 15,7$	$\pm 16,1$	$\pm 15,4$	$\pm 17,0$	$\pm 15,9$	$\pm 11,4$	$\pm 11,4$
21.00-24.00	x	111,3	115,7 ^a	107,1 ^b	104,3	108,2	106,9	107,3	113,8
	s	$\pm 13,6$	$\pm 17,1$	$\pm 16,5$	$\pm 11,5$	$\pm 19,5$	$\pm 14,2$	$\pm 13,4$	$\pm 14,7$
		HFR		HFR		HFR		HFR	
		m	w	m	w	m	w	m	w
00.00-03.00	x	95,8	96,7	87,5	85,0	92,9 ^a	90,4 ^{b,c}	95,6	95,8 ^{b,c}
	s	$\pm 15,4$	$\pm 15,6$	$\pm 14,3$	$\pm 13,6$	$\pm 16,1$	$\pm 16,4$	$\pm 11,8$	$\pm 9,5$
03.00-06.00	x	93,8	96,4	80,8	82,6	90,9 ^a	89,3 ^b	93,1	93,4 ^a
	s	$\pm 12,9$	$\pm 15,5$	$\pm 13,0$	$\pm 12,9$	$\pm 15,3$	$\pm 12,9$	$\pm 13,3$	$\pm 11,2$
06.00-09.00	x	95,3	101,1	85,4	81,2	78,9 ^{b,c}	81,4 ^{b,d}	93,6	92,1 ^a
	s	$\pm 13,3$	$\pm 16,3$	$\pm 15,4$	$\pm 12,3$	$\pm 15,2$	$\pm 16,0$	$\pm 16,7$	$\pm 10,3$
09.00-12.00	x	95,3	100,1	82,9	81,0	80,5 ^{b,c}	84,7 ^{a,d}	86,6	89,4 ^{b,d}
	s	$\pm 13,0$	$\pm 16,0$	$\pm 18,5$	$\pm 12,2$	$\pm 15,5$	$\pm 13,9$	$\pm 15,4$	$\pm 10,2$
12.00-15.00	x	94,6	98,9	87,0	82,2	84,3 ^b	84,9 ^{a,d}	90,5	89,8 ^{b,d}
	s	$\pm 13,8$	$\pm 16,1$	$\pm 18,0$	$\pm 9,6$	$\pm 15,3$	$\pm 13,0$	$\pm 12,3$	$\pm 9,4$
15.00-18.00	x	95,6	102,5	87,6	88,5	84,4 ^b	91,5 ^{b,c}	90,9	91,9 ^{b,d}
	s	$\pm 15,8$	$\pm 15,8$	$\pm 15,6$	$\pm 13,8$	$\pm 17,4$	$\pm 17,0$	$\pm 11,5$	$\pm 10,9$
18.00-21.00	x	97,1	102,8	91,4	87,3	89,9 ^a	92,3 ^{b,c}	96,2	96,2 ^{a,c}
	s	$\pm 14,2$	$\pm 15,6$	$\pm 15,4$	$\pm 14,3$	$\pm 16,2$	$\pm 13,9$	$\pm 10,9$	$\pm 9,9$
21.00-24.00	x	97,7	99,7	89,9	86,1	91,1 ^a	93,0 ^{b,c}	94,0	96,0 ^{b,c}
	s	$\pm 14,8$	$\pm 16,2$	$\pm 14,6$	$\pm 12,8$	$\pm 17,0$	$\pm 15,0$	$\pm 12,4$	$\pm 10,4$

^{a,b,c,d} Mittelwerte mit gleichem Buchstaben in der Spalte nicht signifikant verschieden

Tab. 2: Differenz der HF männlicher (m) und weiblicher (w) Milchrindkälber bei Aktivität (HFA) und bei Ruhe (HFR) im Verlaufe eines Tages vom individuellen Mittelwert der Tagesaufzeichnung, Gruppen nach dem Alter, Mittelwerte und Standardabweichungen für 3-Stunden-Intervalle

Table 2: Deviation of heart rate in the course of a day from an individual specific mean value at activity (HFA) and at rest (HFR) in male (m) and female (w) dairy calves, groups of life age, mean values and standard deviation for three-hours-classes

HF-Differenz		Tageszeit							
		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
5 LT m									
HFA	x	-2,9 ^a	-3,4 ^a	4,6 ^b	-1,7 ^a	-2,0 ^a	6,8 ^b	-0,5 ^a	-2,0 ^a
	s	± 5,5	± 6,9	± 12,5	± 8,2	± 4,6	± 11,0	± 4,5	± 5,2
	w								
	x	-3,7 ^a	-3,8 ^a	4,8 ^{b,c}	-0,7 ^b	-2,6 ^a	7,9 ^{b,c,d}	-0,2 ^b	-2,7 ^a
	s	± 7,7	± 6,5	± 11,8	± 7,4	± 7,2	± 9,4	± 6,2	± 5,2
5 LT m									
HFR	x	0,0 ^{a,c}	-2,5 ^b	-2,0 ^b	-0,7 ^a	-0,9 ^a	1,2 ^{a,c,d}	2,7 ^{b,c,d}	1,7 ^{b,c,d}
	s	± 3,2	± 3,9	± 3,9	± 4,9	± 3,9	± 3,9	± 3,2	± 4,3
	w								
	x	-1,2 ^{a,c}	-2,9 ^{b,c,e}	0,5 ^b	0,2 ^a	-0,6 ^a	0,8 ^b	3,0 ^{b,c,d}	0,4 ^b
	s	± 3,6	± 3,6	± 5,1	± 4,3	± 3,8	± 5,5	± 3,1	± 3,6
15 LTm									
HFA	x	-2,2 ^a	-3,7 ^{a,d}	-0,8 ^a	-3,2 ^a	-4,2 ^{a,d}	0,3 ^b	6,8 ^{b,c}	4,5 ^{b,c}
	s	± 6,7	± 7,8	± 9,3	± 10,7	± 9,0	± 5,9	± 8,9	± 8,4
	w								
	x	0,2 ^a	-1,9 ^a	1,5 ^{a,c}	-3,6 ^b	-3,9 ^b	0,6 ^a	4,0 ^{b,c}	2,2 ^{b,c}
	s	± 7,2	± 10,1	± 10,0	± 9,0	± 7,4	± 7,8	± 8,8	± 6,5
15 LTm									
HFR	x	0,2 ^a	-3,0 ^b	-1,9 ^a	-4,3 ^b	-1,3 ^a	1,6 ^a	3,1 ^{b,c}	3,7 ^{b,c}
	s	± 5,2	± 5,5	± 6,8	± 6,0	± 9,0	± 4,3	± 3,8	± 5,3
	w								
	x	0,9 ^a	-3,0 ^{b,c}	-2,4 ^{b,c}	-3,9 ^{b,c}	-1,2 ^{b,c}	1,8 ^{a,d}	2,8 ^{a,d}	3,0 ^{a,d}
	s	± 3,9	± 5,2	± 4,7	± 4,2	± 3,6	± 4,7	± 4,7	± 4,6
40 LTm									
HFA	x	0,1 ^a	0,7 ^a	-0,5 ^a	-3,3 ^{b,c}	-4,4 ^{b,c}	-0,6 ^a	2,4 ^{a,d}	5,3 ^{b,d}
	s	± 4,8	± 4,6	± 5,5	± 7,9	± 4,7	± 4,3	± 4,6	± 7,3
	w								
	x	-0,3 ^a	0,9 ^a	-2,6 ^{b,c}	-0,7 ^a	-4,2 ^{b,c}	1,1 ^a	3,7 ^{b,c}	1,3 ^a
	s	± 6,0	± 5,3	± 5,2	± 8,6	5,3	± 5,2	± 5,3	± 5,0
40 LTm									
HFR	x	3,2 ^a	1,4 ^a	-3,1 ^{b,c}	-5,9 ^{b,c,e}	-3,3 ^{b,c}	-0,3 ^b	3,3 ^a	5,7 ^{a,c,d}
	s	± 2,1	± 3,1	± 6,1	± 4,0	± 3,0	± 3,6	± 3,7	± 4,6
	w								
	x	2,4 ^{a,e}	-0,2 ^b	-4,0 ^{b,c}	-5,2 ^{b,c}	-2,4 ^b	1,1 ^a	4,3 ^{b,c,d}	5,1 ^{b,c,d}
	s	± 4,5	± 4,5	± 4,5	± 4,9	± 3,5	± 5,1	± 3,2	± 3,7
60 LTm									
HFA	x	1,3 ^a	2,5 ^a	-1,2 ^{a,c}	-3,2 ^{b,c}	-1,7 ^{b,c}	0,8 ^a	1,2 ^a	1,2 ^a
	s	± 6,2	± 5,9	± 6,0	± 8,9	± 4,2	± 7,1	± 5,9	± 3,9
	w								
	x	0,1 ^a	0,7 ^a	-1,1 ^{a,e}	0,1 ^a	-3,4 ^{b,c}	0,4 ^a	2,7 ^{b,d}	0,9 ^a
	s	± 5,8	± 6,4	± 7,3	± 7,1	± 6,3	± 5,2	± 6,0	± 5,5
60 LTm									
HFR	x	2,1 ^a	0,6 ^a	-1,0 ^b	-4,6 ^{b,c}	-2,5 ^{b,c}	0,5 ^a	1,5 ^a	3,3 ^{a,c,d}
	s	± 3,9	± 5,5	± 4,8	± 5,5	± 4,3	± 4,4	± 5,1	± 3,6
	w								
	x	1,5 ^a	0,3 ^a	0,1 ^a	-4,1 ^{b,c,d}	-2,1 ^{b,c}	-0,2 ^b	2,4 ^{a,c}	2,6 ^{a,c}
	s	± 4,6	± 4,9	± 4,7	± 3,7	± 4,0	± 4,6	± 3,2	± 3,7

a,b,c,d,e Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

Tab. 3: Zeitdauer (min) der Aktivitätsperioden (ZDA) und der Ruheperioden (ZDR) männlicher (m) und weiblicher (w) Milchrindkälber in 8 Tageszeitbereichen, Gruppen nach dem Alter, Mittelwerte und Standardabweichungen

Table 3: Time (minutes) of the activity periods (ZDA) and of the rest periods (ZDR) within eight daytime classes in male (m) and female (w) dairy calves, groups by life age, MV \pm SD

		5 LT ZDA		15 LT ZDA		40 LT ZDA		60 LT ZDA	
		m	w	m	w	m	w	m	w
00.00-03.00	x	42,5	35,1 ^a	41,2	36,3 ^a	102,5 ^{a,c}	74,4 ^{a,c}	83,3	54,1 ^{a,c}
	s	$\pm 38,4$	$\pm 33,3$	$\pm 25,0$	$\pm 18,5$	$\pm 66,6$	$\pm 61,3$	$\pm 50,2$	$\pm 41,1$
03.00-06.00	x	34,5	30,6 ^a	43,6	34,6 ^a	62,9 ^b	46,9 ^b	81,9	76,2 ^b
	s	$\pm 24,8$	$\pm 24,2$	$\pm 20,4$	$\pm 18,7$	$\pm 46,5$	$\pm 28,2$	$\pm 71,2$	$\pm 47,9$
06.00-09.00	x	36,9	45,6 ^a	50,7	42,4 ^a	59,9 ^b	66,0 ^a	83,7	64,3 ^a
	s	$\pm 23,7$	$\pm 34,1$	$\pm 32,5$	$\pm 29,5$	$\pm 32,7$	$\pm 46,1$	$\pm 51,2$	$\pm 43,2$
09.00-12.00	x	38,7	38,7 ^a	38,2	41,0 ^a	52,0 ^b	59,0 ^a	57,1	61,3 ^a
	s	$\pm 27,5$	$\pm 35,9$	$\pm 22,5$	$\pm 22,5$	$\pm 32,2$	$\pm 38,9$	$\pm 32,5$	$\pm 31,5$
12.00-15.00	x	37,1	33,2 ^a	52,1	55,9 ^{b,c,d}	38,5 ^b	64,0 ^a	68,0	58,2 ^a
	s	$\pm 31,4$	$\pm 27,1$	$\pm 36,2$	$\pm 39,7$	$\pm 22,9$	$\pm 55,9$	$\pm 53,4$	$\pm 48,1$
15.00-18.00	x	50,3	56,4 ^b	56,7	56,6 ^{b,c,d}	77,4 ^a	66,5 ^a	79,3	62,2 ^a
	s	$\pm 36,8$	$\pm 47,0$	$\pm 29,6$	$\pm 39,8$	$\pm 44,6$	$\pm 45,8$	$\pm 59,5$	$\pm 44,3$
18.00-21.00	x	37,3	38,6 ^a	52,6	48,3 ^{b,c}	119,7 ^{a,c}	88,8 ^{a,c,d}	106,1	85,4 ^b
	s	$\pm 26,7$	$\pm 26,2$	$\pm 37,1$	$\pm 29,3$	$\pm 73,5$	$\pm 84,9$	$\pm 84,4$	$\pm 67,1$
21.00-24.00	x	45,0	37,3 ^a	38,9	46,7 ^{a,c}	93,6 ^{a,c}	95,5 ^{a,c,d}	97,9	83,2 ^b
	s	$\pm 53,2$	$\pm 36,8$	$\pm 34,0$	$\pm 32,0$	$\pm 76,4$	$\pm 75,1$	$\pm 67,3$	$\pm 62,6$
		ZDR		ZDR		ZDR		ZDR	
		m	w	m	w	m	w	m	w
00.00-03.00	x	106,9 ^a	94,1 ^a	98,6 ^{a,d}	82,3 ^a	89,8 ^a	94,8 ^a	90,0 ^{a,d}	93,6 ^{a,c}
	s	$\pm 70,7$	$\pm 43,5$	$\pm 55,9$	$\pm 57,0$	$\pm 83,6$	$\pm 58,5$	$\pm 63,1$	$\pm 54,4$
03.00-06.00	x	72,5 ^{b,c}	85,6 ^a	76,8 ^b	90,0 ^a	97,4 ^a	102,2 ^a	126,8 ^{b,c,d}	103,6 ^{a,c}
	s	$\pm 40,2$	$\pm 46,3$	$\pm 46,1$	$\pm 39,8$	$\pm 48,5$	$\pm 55,4$	$\pm 72,2$	$\pm 56,1$
06.00-09.00	x	59,2 ^{b,d}	64,0 ^{b,c}	51,5 ^{b,c}	48,4 ^{b,c}	80,5 ^a	81,7 ^{a,c}	68,0 ^a	70,6 ^b
	s	$\pm 31,0$	$\pm 31,6$	$\pm 31,6$	$\pm 28,4$	$\pm 35,7$	$\pm 49,7$	$\pm 44,0$	$\pm 35,8$
09.00-12.00	x	85,5 ^b	78,7 ^b	81,9 ^{a,d}	83,4 ^a	105,8 ^a	80,0 ^{a,c}	95,8 ^{a,d}	95,1 ^{a,c}
	s	$\pm 51,7$	$\pm 47,0$	$\pm 44,3$	$\pm 51,6$	$\pm 50,8$	$\pm 50,3$	$\pm 52,8$	$\pm 63,1$
12.00-15.00	x	77,9 ^{b,e}	70,9 ^{b,c}	74,1 ^b	76,4 ^a	84,2 ^a	100,6 ^a	61,3 ^b	67,8 ^b
	s	$\pm 38,5$	$\pm 37,5$	$\pm 39,3$	$\pm 36,6$	$\pm 41,1$	$\pm 53,8$	$\pm 39,0$	$\pm 37,7$
15.00-18.00	x	52,1 ^b	55,4 ^{b,c}	68,2 ^b	72,3 ^{a,c}	94,8 ^a	79,2 ^{a,c}	81,9 ^a	83,8 ^a
	s	$\pm 44,7$	$\pm 29,1$	$\pm 40,0$	$\pm 36,5$	$\pm 46,0$	$\pm 41,7$	$\pm 55,2$	$\pm 57,8$
18.00-21.00	x	58,8 ^b	79,4 ^b	65,5 ^b	63,3 ^{b,c}	49,8 ^b	57,7 ^{b,c,d}	59,5 ^b	55,4 ^b
	s	$\pm 38,2$	$\pm 40,5$	$\pm 34,1$	$\pm 31,5$	$\pm 27,8$	$\pm 48,3$	$\pm 39,9$	$\pm 33,4$
21.00-24.00	x	73,0 ^{b,c}	81,3 ^a	94,1 ^{a,d}	92,2 ^a	53,8 ^b	78,9 ^{a,c}	66,8 ^a	90,2 ^{a,c}
	s	$\pm 41,8$	$\pm 51,1$	$\pm 49,6$	$\pm 71,2$	$\pm 29,6$	$\pm 56,3$	$\pm 44,1$	$\pm 62,8$

^{a,b,c,d,e} Mittelwerte mit gleichem Buchstaben in der Säule nicht signifikant verschieden