

Reaktionsmuster von Tieren auf gewohnte und ungewohnte Ereignisse. Transport und temporäre Separation von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung in verschiedenen Altersbereichen während der frühen Aufzuchtperiode und deren Effekte auf metabolische und hämatologische Variablen sowie auf Lautäußerungen der Tiere

MARTIN STEINHARDT UND HANS-HERMANN THIELSCHER

Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee,
Institusteil Trenthorst/Wulmenau

1 Einleitung

Für die Einschätzung von Belastungssituationen für Tiere und für diejenige der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen werden physiologische Variablen und ethologische Betrachtungsweisen herangezogen, wobei Wechselbeziehungen zwischen Tier und Umwelt und deren Zeitkomponenten, Rhythmizität, Entwicklungs-, Funktions- und Adaptationszustand der Tiere sowie Habituations- und Lernvorgänge nicht ausreichend berücksichtigt worden sind. Einschätzungen von Ausmaß und Häufigkeit der Reaktionen in Verbindung mit gewohnten und ungewohnten Ereignissen in der Umgebung der Tiere geben eine Möglichkeit für zuverlässige Bewertungen des Belastungsgrades. Belastungen von Funktionssystemen sind hinsichtlich der Optimierung und Adaptation erforderlich für die Entwicklung von Organen und Körperstrukturen während des Wachstums und für die Erhaltung struktureller und funktioneller Kapazitäten bei adulten Tieren in einer spezifischen Umgebung.

Wir interessierten uns für (1) die Reaktionsgrade und -frequenzen physiologischer Variablen von Saugkälbern bei gewohnten und ungewohnten Ereignissen und (2) für die Bedeutung akustischer Signale in der Mutter-Nachkommen-Beziehung und im Verlaufe der Entwicklung der Saugkälber.

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf ein Datenmaterial aus mehreren Projekten und betrifft physiologische Variablen von Saugkälbern (SK) beim Entfernen aus der Herde, bei Transport und Isolation und die Änderung derselben mit dem Alter während der frühen Aufzuchtperiode.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Mutterkuhherde des Institutes (Deutsche Rotbunte, DRB) während der Kalbeperiode 1997/1998 (Winterstallhaltung) vorgenommen (Tiermaterial siehe **Tabelle 1, Anhang**). Sie fanden vom 13.10.1997 bis 08.05.1998 in der Tageszeit zwischen 8.30 Uhr und 13.30 Uhr statt.

Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz (HF) sowie Audio-Videoaufzeichnungen wurden mit Punktmessungen (Blut, Speichel, Körpertemperatur), bei welchen Analysen mit einem breiten Methodenspektrum vorgenommen wurden, kombiniert angewendet.

Herzschlagfrequenzmessungen (HF) wurden mit Hilfe des Polar Sport Testers während Transport und Separation in 5-sec-Intervallen und während weiterer 24 Std. in 60-sec-Intervallen vorgenommen (**Abbildungen 1 und 2**). Für charakteristische Perioden des Separierungsvorganges (I Verladen, Transport; II bis IV Zeitbereiche im Isolierraum; V Blut-, Speichelprobennahme; VI Verladen, Rücktransport) sind Mittelwerte der HF errechnet und als HF-Kennwerte (HF1 bis HF6) in der weiteren Bearbeitung verwendet worden. Die Körpertemperatur wurde mit Standardthermometern gemessen. Audio-Videoaufzeichnungen erfolgten mit Hilfe digitaler Technik (Digital Video Camera Recorder DCR-VX9000E und Digital Audio Tape-Corder TCD-100 von Sony). Lautaufzeichnungen der Muttertiere und der Kälber wurden im Computer bearbeitet, selektiert und gespeichert und mit weiteren Angaben zu den Tieren und den Situationen für die Archivierung auf CD vorbereitet. Die gespeicherten Lautaufnahmen der Tiere wurden für Playback-Untersuchungen und zur Testung der Reaktionen der Tiere in verschiedenen Situationen genutzt.

Blutproben wurden aus der Vena jugularis entnommen, Speichelproben mit Hilfe eines Tampons, welcher für eine Zeit von 1 bis 4 min in der Mundhöhle der Tiere verweilte. Blutproben und Speichelproben wurden unverzüglich im Labor in üblicher Weise aufgearbeitet.

Der Versuchsablauf hat folgende Hauptperioden, die an **Abbildung 1** zu erkennen sind: Fangen, Fixieren an Halsgurt und Strickhalter anlegen; Entfernen der Kälber aus der gewohnten Umgebung (Stallgebäude, Herde) bis vor das Stallgebäude; Manipulationen (Blut, Speichel, Körpertemperatur, Untersuchungspunkt A) und Anlegen von Meßeinrichtungen (Herzfrequenzmeßgerät); Verladen, Transport, Entladen und Verbringen in einen Isolierraum; Verbleiben im Isolierraum 60...90 min; Manipulationen am Tier im Isolierraum (Blut, Speichel, Körpertemperatur, Untersuchungspunkt B); Verladen, Transport, Entladen;

Rückkehr in die gewohnte Umgebung (Stall, Herde). Die Isolierungsvorgänge wurden stets mit jedem Tier einzeln und von den gleichen Personen vorgenommen. Der Transport erfolgte mit demselben Fahrzeug (einachsiger Anhänger, Grundfläche Alu-Profil 1,25 m x 2,5 m, hölzerne Seiten-

wände 1,05 m hoch, Mittelhöhe 1,1 m, Plandach, Verladeklappe als Hinterwand) auf denselben Wegen über eine Strecke von 3,5 km.

Der für die Separation genutzte Raum hat die Abmessungen 4 m x 3 m x 2,55 m, ist wärme- und schall-

gedämmt, mit einer künstlichen Lichtquelle versehen und durch ein Fenster von einem Nebenraum aus einzusehen. Die Bodenfläche des Raumes insgesamt war mit Stroh eingestreut. Futtermittel und Wasser wurden den Tieren hier nicht angeboten.

In peripheren venösen Blutproben wurden der Säure-Basen-Status, Hämatokrit (Hk), die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke, die Plasmaeiweiß, Albumin-, Harnstoff-, Kreatinin-konzentration sowie

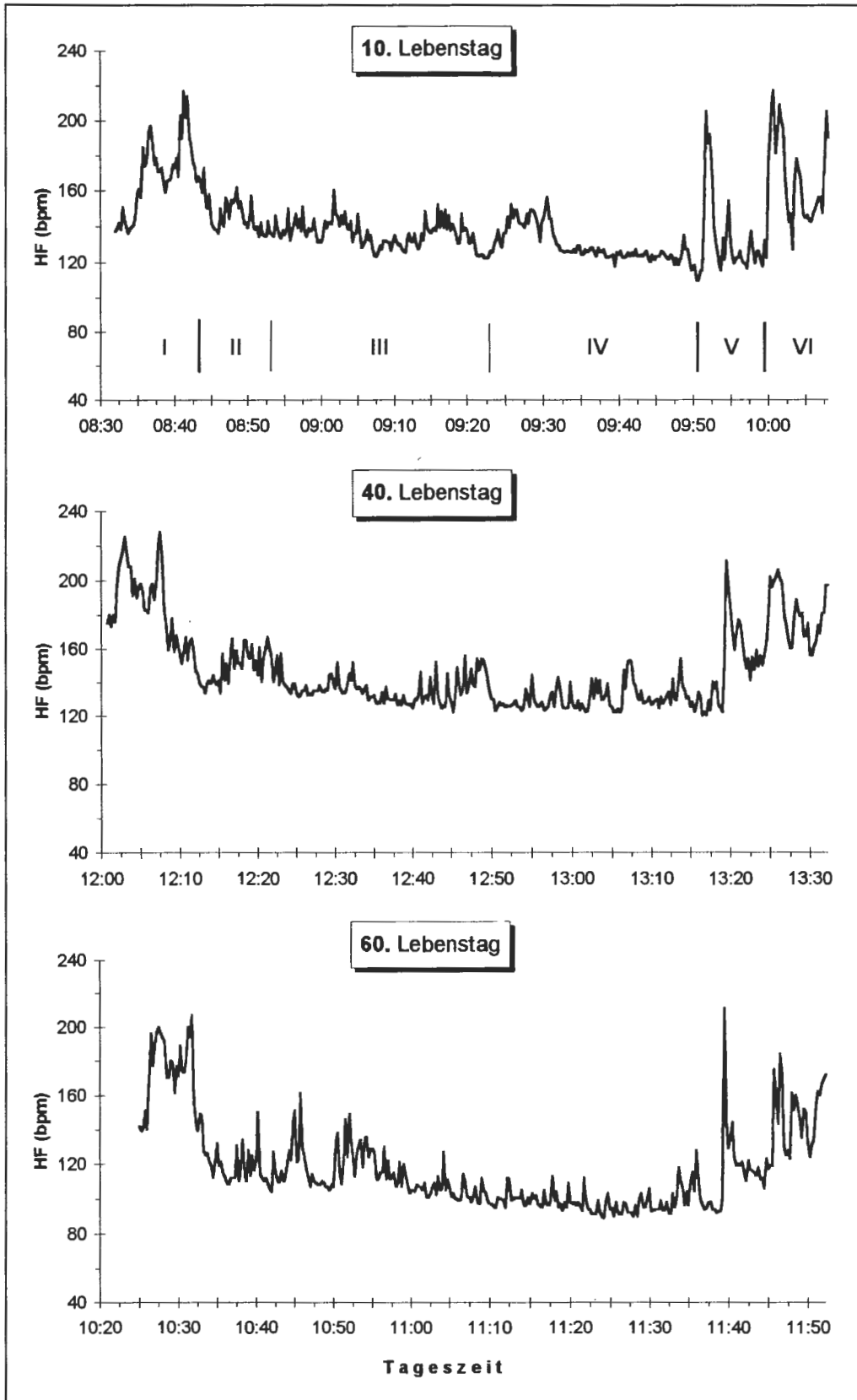


Abbildung 1: Herzfrequenzkurve (Herzschläge/min) eines Saugkalbes im Alter von 10, 40 und 60 Lebenstagen während des Separierungsvorganges, senkrechte Linien und römische Ziffern im oberen Teil markieren Bereiche, in welchen Herzfrequenzkennwerte berechnet werden: I Manipulationen, Verladen, Transport (HF1), II 10 min im Isolierraum (HF2), III 10 bis 40 min im Isolierraum (HF3), IV 40 min bis Ende im Isolierraum (HF4), V Manipulationen, Blut-, Speichelprobe (HF5), VI Verladen, Transport, Entladen (HF6)

auch diejenige von Ca, Mg, P und Fe bestimmt. Säure-Basen-Status und Blutgasgehalte wurden mit dem AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments, Graz, Österreich, die Blutinhaltsstoffe im Analysenautomaten (Kone, Finnland) mit Reagenzien der Firmen Boehringer und Merck analysiert. Die Blutproben wurden außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical Instruments AG untersucht, mit welchem neben Meßgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung (O_2SAT), Sauerstoffkapazität (O_2CAP) und der Sauerstoffgehalt (O_2CONT), die Hämoglobinderivate Oxihämoglobin (O_2Hb), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxihämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können.

Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der Regressions- und Korrelationsrechnung sowie Varianzanalyse bearbeitet (PC-Statistik von Topsoft Hannover). Mittelwertunterschiede zweier Gruppen wurden mit dem t-Test geprüft. Bei der Wiedergabe der Ergebnisse werden die Messungen an den Tieren in den Altersbereichen um 15 LT, 40 LT und 60 LT

beim Untersuchungspunkt A mit A1, A2, A3 und beim Untersuchungspunkt B entsprechend mit B1, B2 und B3 bezeichnet (siehe Tabellen 2 bis 7, Anhang). Für die Darstellung sind Box and Whisker Plots bevorzugt worden. Die Box umfaßt den Halftespielraum und enthält den arithmeti-

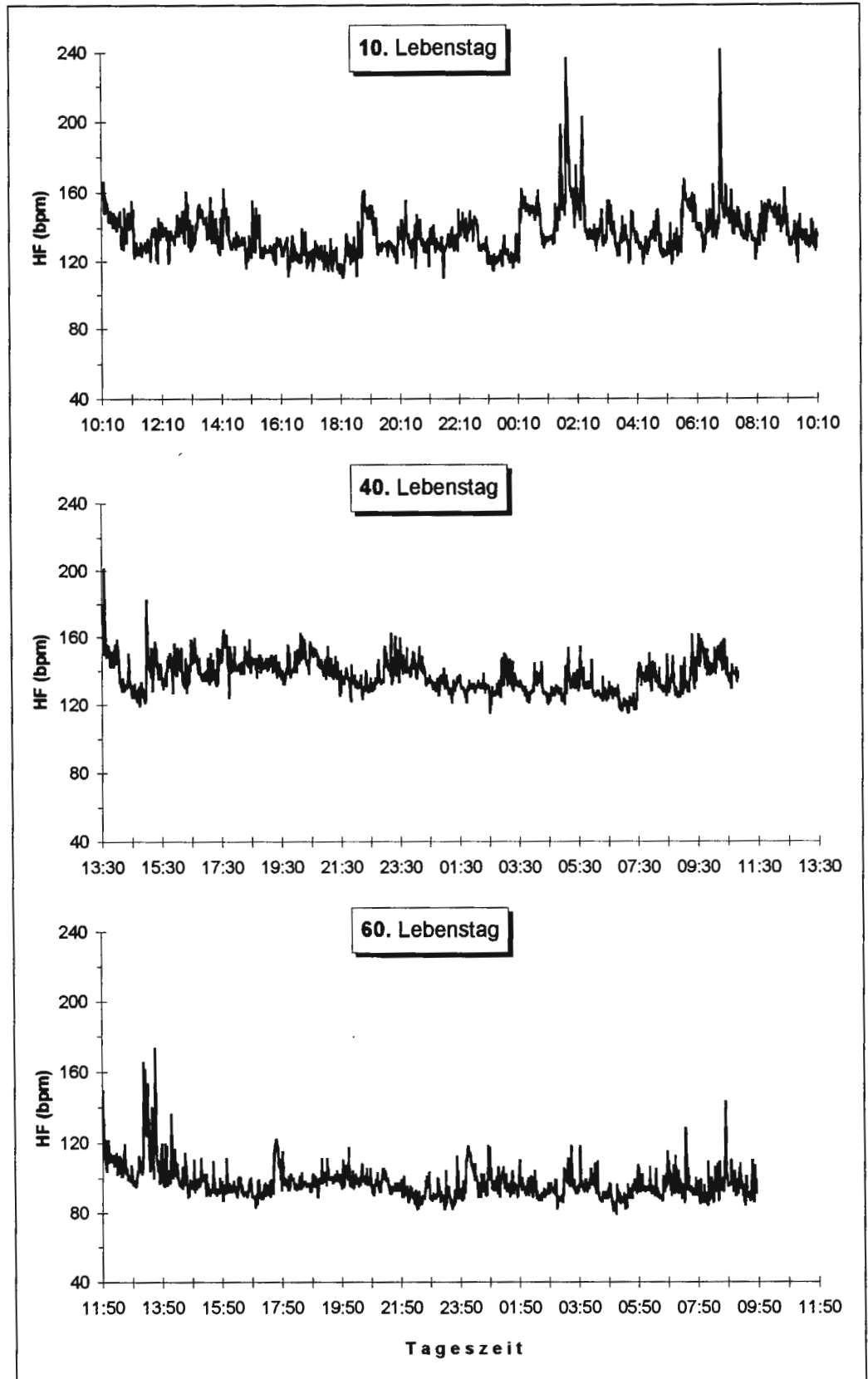


Abbildung 2: Herzfrequenzkurve (Herzschläge/min) des Kalbes im Alter von 10, 40 und 60 Lebens-tagen nach dem Isolierungsvorgang unter gewohnten Umgebungsbedingungen

schen Mittelwert (ein X) sowie den Median (eine horizontale Linie). Die Länge der Box wird als Intervall (Whisker) oben und unten angehängt, und zwar nicht in ganzer Länge, sondern es wird jeweils der letzte, gerade noch in diesen Bereich fallende Meßwert als effektive Grenze für die Whisker gewählt. Daten außerhalb dieser Grenzen werden eingezeichnet (Extremwerte bzw. Ausreißer). Die Irrtumswahrscheinlichkeit ist in den Tabellen und Abbildungen angegeben.

3 Ergebnisse

Verhalten der Tiere, Lautäußerungen (Tabelle 8, Anhang)

Beim Entfernen der SK bis zu einem Alter von etwa 40 LT aus der Herde wurden in den meisten Fällen von den Muttertieren akustische Signale gegeben, die von den Kälbern wahrgenommen werden konnten. Von den insgesamt untersuchten Tieren zeigten 3 Muttertiere keine Aufmerksamkeit und gaben keine Signale beim Entfernen ihrer Kälber. Die Muttertiere folgten den Kälbern bis zu den Toren des Stallgebäudes und verweilten dort bis zu etwa 5 bis 10 min.

Die Kälber gaben während dieser Periode des Isolierungsvorganges nur in ganz wenigen Fällen akustische Signale ab. Im Isolierraum standen die Kälber anfangs und legten sich dann nieder, wobei sie die Brustbeinlage einnahmen. Die lokomotorische Aktivität war gering, sie änderten wiederholt die Stellung im Raum und die Kopfhaltung, richteten sich zur Tür oder zu den Meßeinrichtungen aus (aufmerksames Beobachten und Erfassen von Geräuschen) und legten sich danach nieder. Wechsel von Aufstehen und Ablegen kamen individuell unterschiedlich, im allgemeinen nicht sehr häufig vor. Beim Öffnen der Tür standen die SK auf und richteten in den meisten Fällen den Körper mit dem Kopf auf die Türöffnung und die Personen aus, in den übrigen Fällen richteten sie den Kopf auf die der Tür gegenüberliegenden oder seitlich angebrachten Trenngatterwände aus.

Akustische Signale wurden von den SK im Isolierraum ab

einem Alter von 3 Wochen mit zunehmender Anzahl bei den untersuchten SK gegeben (Tabelle 8, Anhang). Die Lautqualität änderte sich mit der Aufenthaltsdauer der SK im Isolierraum und hatte offensichtlich eine Beziehung zu dem Erregungszustand der Kälber (Abbildung 3). Sie änderte sich ebenfalls mit dem Körperwachstum und Alter der Kälber (Abbildung 4). Die Häufigkeit der Lautgabe bei SK im Alter zwischen 40 und 80 LT lag bei 66 % der untersuchten Tiere, pro Tier variierte sie jedoch beträchtlich.

Physiologische Variablen nach Entfernen aus der Herde und am Ende der Isolierung

Gesicherte Unterschiede der Mittelwerte an den Untersuchungspunkten A und B waren in den Altersbereichen 40 LT und 60 LT für die meisten Variablen festzustellen mit Ausnahme von Körpertemperatur, pO_2 , Fe, Gesamtprotein, Albumin und Harnstoff.

Die HF-Kennwerte unterscheiden sich gesichert in den Bereichen des Isolierungsvorganges und auch an den Alterspunkten (Abbildung 3). Die enge Beziehung zum Erregungszustand und zur Stellung des Kalbes sowie zu dessen motorischen Aktivitäten ist offensichtlich. Hervor-

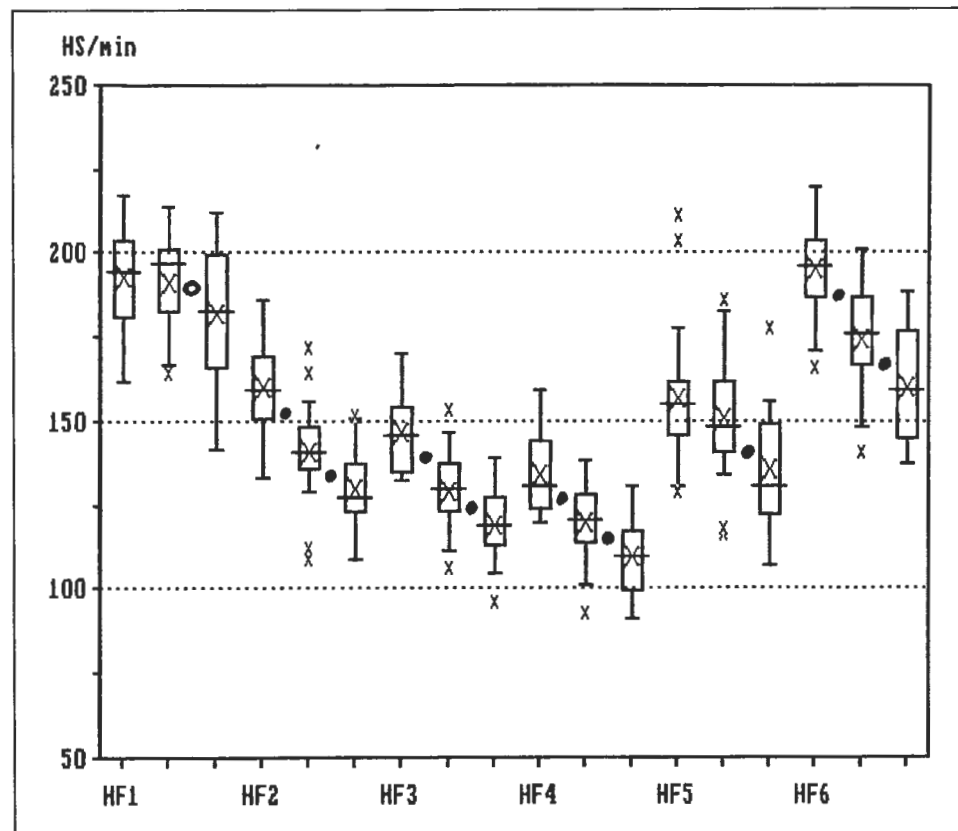


Abbildung 3: Herzfrequenzkennwerte (Herzschläge/min) der Saugkälber in den Altersbereichen um 15, 40 und 60 Lebenstagen in spezifischen Perioden des Separierungsvorganges (siehe Abbildung 1), Box and Whisker Plots, Mittelwertunterschiede zwischen den Altersgruppen: Punkt $p < 0,01$; Kreis $p < 0,05$

zuheben ist die weitgehende Ähnlichkeit der HF-Kurven bei den Kälbern innerhalb der und zwischen den Altersbereichen (Abbildungen 1 bis 3) während der wiederholten Isolierungsvorgänge. Mit zunehmendem Alter wird die Zeitdauer für die Abnahme des Erregungszustandes beim Aufenthalt im Isolierraum kürzer.

Individualspezifität der physiologischen Variablen und der Reaktionen

Mit Hilfe der Korrelationen und Regressionen zwischen A1 und B1, A2 und B2 sowie A3 und B3 (Tabellen 5 bis 7, Anhang) kann nachgewiesen werden, bei welchen Variablen Änderungen welchen Grades an den Untersuchungs-

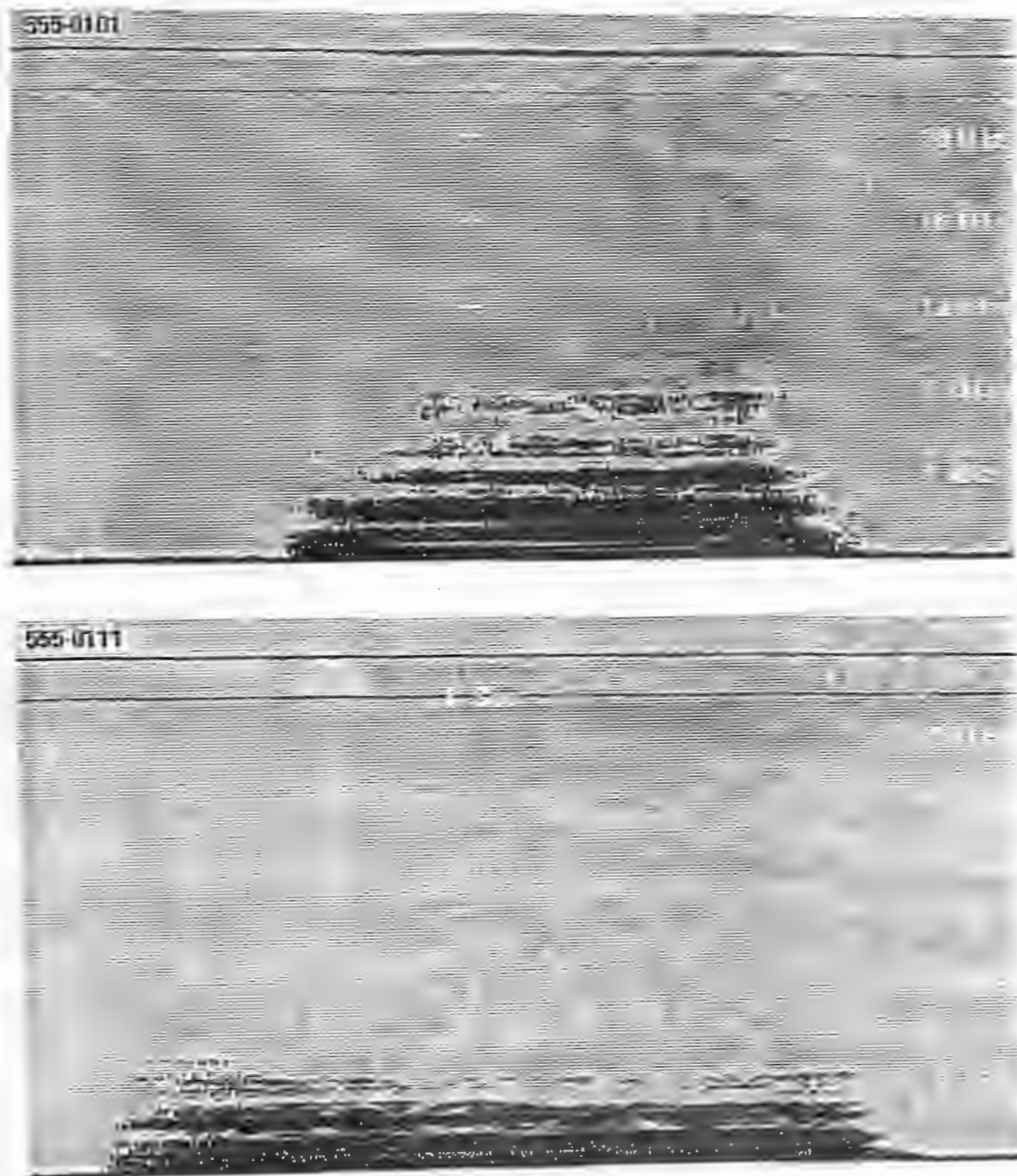


Abbildung 4: Akustisches Signal des Saugkalbes ONr. 90555, weiblich, im Alter von 60 Lebenstagen im Beginn (oberer Teil) und nach 60 min (unterer Teil) des Aufenthaltes im Isolierraum, Amplituden-Zeit-Beziehung und Frequenzdichte-Zeit-Beziehung (Sonogramm)

punkten eintreten. Die Regressionskoeffizienten b und das Interzept a der linearen Regressionsgleichungen lassen erkennen (Tabellen 5 bis 7, Anhang), daß bei einigen Meßgrößen vorwiegend höhere Werte beim Untersuchungspunkt A gegenüber dem bei B verringert worden sind (Körpertemperatur, P, Hb, Hk). In anderen Fällen sind die Meßgrößen über den gesamten Variationsbereich vergrößert

oder verkleinert. Für die jeweiligen Variablen vollziehen sich diese Änderungen zwischen den Untersuchungspunkten A und B in den Altersbereichen um 15 LT, 40 LT und 60 LT in unterschiedlichem Maße.

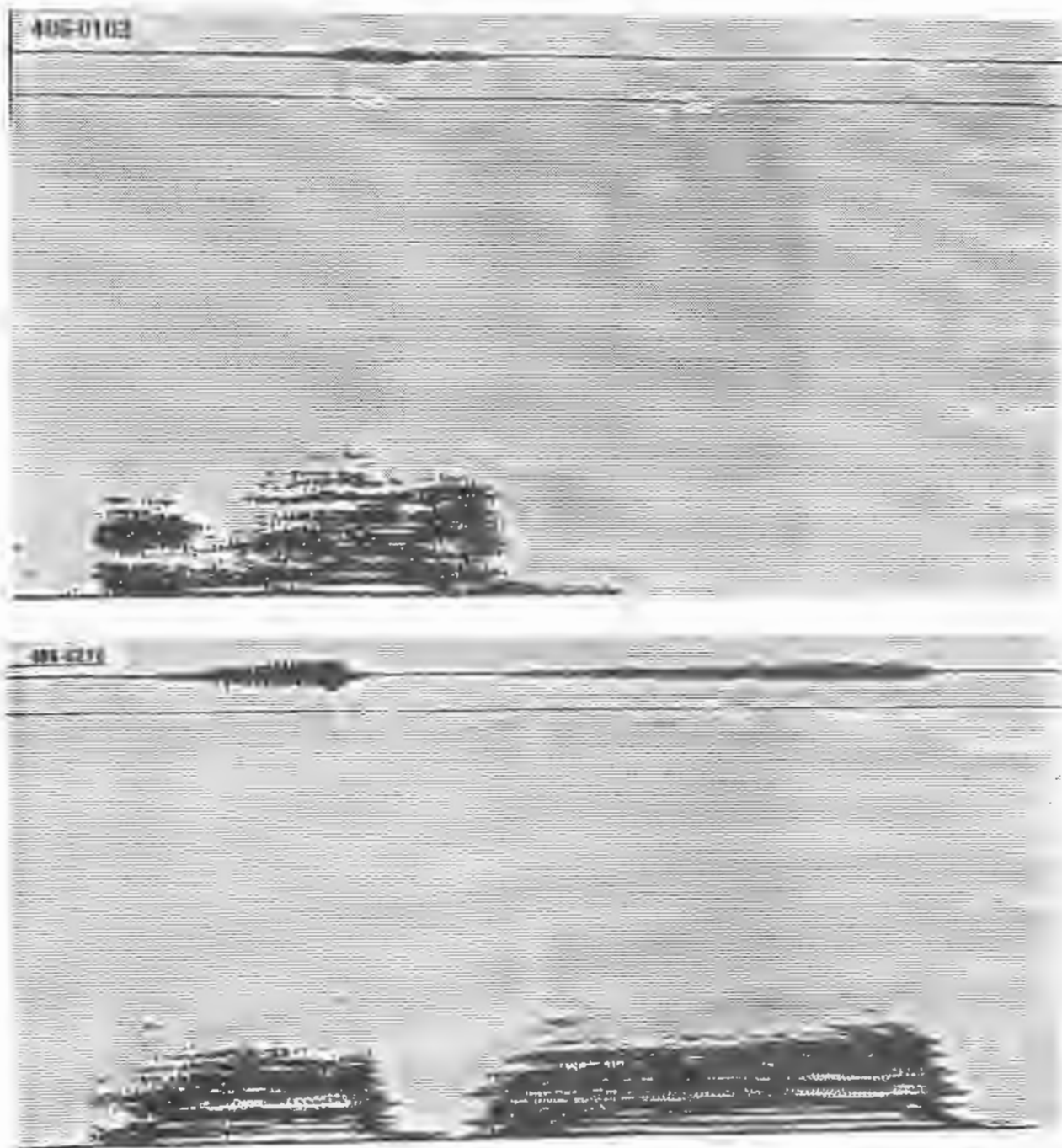


Abbildung 5: Akustisches Signal des Saugkalbes ONr. 90486, weiblich, im Alter von 46 Lebenstagen (oberer Teil) und von 80 Lebenstagen (unterer Teil) im Beginn des Aufenthaltes im Isolierraum, Amplituden-Zeit-Beziehung und Frequenzdichte-Zeit-Beziehung (Sonagramm)

Änderungen physiologischer Variablen mit dem Alter der Tiere

Für Gesamtprotein, Albumin, Kreatinin, Harnstoff, P, Mg können mit Hilfe der Statistiken und auch durch Korrelationen und Regressionen der Variablen an den Alterspunkten und durch solche der Änderungen der Variablen zwischen den Alterspunkten und dem Ausgangswert bei 15 LT individualspezifische Anpassungen der Variablen im Verlaufe von Wachstum und Entwicklung nachgewiesen werden. Dies wird hier nicht weiter angeführt.

4 Diskussion

Die Untersuchungen ermöglichen eine zuverlässige Einschätzung der physischen Belastung und der Erregungszustände der Tiere und der damit verbundenen akustischen Signale bei Ereignissen, die mit spezifischen Haltungsbedingungen, Produktionsablauf und übrigen Management von Nutztierbeständen verbunden sein können. Mit Entfernen der SK aus der Herde verbundene körperliche Anstrengungen und Erregungen der Tiere, die sich während des Transportes fortsetzen und bezüglich der Erregung auch während der ersten Zeit des Aufenthaltes im Isolierraum noch vorhanden sind, sind an den HF-Kennwerten gut zu erkennen (**Abbildung 3**). Der Zeitbedarf für die Abnahme des Erregungszustandes wird mit zunehmendem Alter der Tiere geringer (**Abbildungen 1 bis 3**) und die Zeitdauer der Ruheperiode im Isolierraum größer (von etwa 75/25 % nach 40/60 % der Zeit im Isolierraum). HF-Steigerungen während des Transportes und bei Nahrungsaufnahme sind bei Schaflämmern beschrieben (Kent, 1997) und dabei die engen Beziehungen zur motorischen Aktivität und den Verdauungsvorgängen hervorgehoben worden.

Das Öffnen des Isolierraumes ruft bei den SK eine Bereitschaftssituation (Aufstehen und Fluchtbereitschaft) hervor, größere lokomotorische Aktivitäten der Tiere waren jedoch nicht möglich, da diese unverzüglich mit Hilfe des Strickhalters für Messungen und Probenahmen fixiert werden konnten. Bezogen auf die HF-Kennwerte sind die Reaktionen auf Manipulationen an den SK im Alter bis zu 40 LT von dem Ausmaße wie nach dem Entfernen aus der Herde sowie bei Transport und Isolierung, bei älteren Tieren sind sie von geringerem Grade (**Abbildung 3**). Der Zeitbedarf für den Rückgang der Erregungsvorgänge, die durch Transport und Manipulationen ausgelöst worden waren, bei der Rückkehr in die gewohnte Umgebung (Stall und Herde) beträgt etwa 40 bis 60 min (**Abbildung 2**). Jüngere SK wurden häufiger von den Muttertieren mit Rufen empfangen. Die HF wird durch myogene (Sinusknoten) und neurohumorale Mechanismen (sympathische und parasympathische Aktivitäten) reguliert. Die myogen bedingte HF wird bei Rind und Schwein mit zunehmender Körpermasse und höherem Alter verringert (Kawahara et al., 1986; Matsui et al., 1988). Die neurohumorale Steuerung der Herzrhythmickeit ändert sich bei allen Tierarten

in Richtung einer parasympathischen Vorherrschaft infolge Verringerung des sympathischen Tonus und/oder einer Vergrößerung des parasympathischen Tonus. Individuelle Unterschiede der Stoffwechselintensität und speziell der Schilddrüsenhormondisposition spielen bei der Variation der HF der Saugkälber eine Rolle. Perioden gesteigerter HF werden bei jungen SK häufiger beobachtet, bei älteren Saugkälbern unter Stallhaltungsbedingungen weniger häufig. Das individuelle HF-Niveau wird offensichtlich insbesondere zwischen 40 und 60 LT beträchtlich verringert (**Abbildung 3**).

Auswirkungen von Fitness, Erregung und körperlicher Aktivität der SK an deren Blutmeßwerten sind an den Statistiken derselben und besonders an den Korrelationen und Regressionen dieser Variablen zu erkennen. Die Individualspezifität und geringgradige Änderung einiger Variablen nach dem Entfernen aus der Herde und am Ende der Isolierungsperiode bedingen hohe Korrelationen derselben zwischen den Untersuchungspunkten A und B (Körpertemperatur, Gesamtprotein, Kreatinin, Harnstoff, P, Ca, Mg, Fe, O₂CAP, Hb, Hk, COHb). Hervorzuheben sind durch Adaptation der SK im Verlaufe des Wachstums bedingte Besonderheiten bei einigen Variablen, die mit der Entwicklungsqualität von Organen und Funktionssystemen und der Effektivität der Regulation in Beziehung stehen. Dies ist in anderen Arbeiten ausführlich dargestellt worden (Steinhart et al., 1995, 1996, 1997, 1998b,c) und wird hier nicht weiter diskutiert. Betroffen sind insbesondere Albumin, P, Ca sowie auch Hb und Hk. In anderen Fällen ändern sich physiologische Variablen (pH, pCO₂, pO₂, BE, HCO₃, O₂CONT, O₂SAT, HHb, MetHb, Albumin) erheblich zwischen den Untersuchungspunkten A und B und bei einzelnen SK in unterschiedlichem Maße, so daß Korrelationen zwischen den Untersuchungspunkten A und B nicht oder nicht in allen Altersbereichen der Tiere nachweisbar sind. Bei diesen Meßgrößen unterscheiden sich die Mittelwerte zwischen den Untersuchungspunkten A und B in den meisten Fällen schon sicher (**Anhang, Tabellen 2 bis 4**). Meßgrößen des Säure-Basen-Status und der Sauerstofftransportkapazität sind bei Kälbern dieses Alters durch die funktionelle Reife und Kapazität der Lunge, Niere, des blutbildenden Gewebes und die Effektivität peripherer und zentraler Komponenten integrativer Systeme bestimmt. Konzentrationsänderungen von Gesamtprotein, Albumin und diejenigen von Hb und Hk (Hämodilution, Hämokonzentration) können durch Mobilisierungen von Blut mit hohem Erythrozyten- und/oder Proteingehalt aus Stromgebieten wie jenes der Milz oder des Darmes oder durch Änderungen der Verteilungsvolumina wie z. B. Verlagerung von Flüssigkeit zwischen intravaskulärem und extravaskulärem Raum bedingt sein. Weiterhin könnte der mit der vorrangigen Aufnahme von Flüssignahrung verbundene erhöhte Wasserdurchsatz von Bedeutung sein. Nahrungs- und/oder Flüssigkeitsaufnahme der Kälber vor dem Separierungsvorgang sind nicht explizit berücksichtigt worden. Von Bedeutung könnten die Konzentrationsänderungen von Albumin und die Änderungen der Bindungseigen-

schaften desselben in Abhängigkeit z. B. vom pH-Wert für die Transportfunktion u. a. von Hormonen sein, was hinsichtlich der Freigabe und Disposition von Cortisol von Interesse wäre und auch für die Beziehung zwischen den Cortisolkonzentrationen im Blutserum und Speichel bestimmend sein könnte. Unterschiedliche Bindungseigenschaften von Albuminen verschiedener Tierarten sind bekannt (Kosa et al., 1997; Rashid et al., 1998), bei Kälbern liegen dazu keine Untersuchungen vor.

Geht man davon aus, daß die Hämoglobinderivate HHb, O₂Hb und COHb adulter Rinder nur minimale spektralanalytische Differenzen mit humanen Hämoglobinderivaten haben (Zijlstra und Buurisma, 1997), was bei Multikomponentenanalyse zu berücksichtigen ist, und daß im Falle von MetHb die Spektralanalyse vom pH-Wert abhängig ist, so können bei den gleichen Tieren zwischen den Untersuchungspunkten zuverlässige Ergebnisse erreicht werden. Erhöhte COHb-Anteile sind wahrscheinlich nicht vorrangig auf den CO-Gehalt der Luft zurückzuführen, sondern ergeben sich aus Interferenzen mit fetalem Hb (HbF), welches bei Kälbern in beträchtlich unterschiedlichem Grade in den ersten Lebenswochen schwindet (Gustin et al., 1997), was durch Qualität und Intensität der Blutbildung beeinflusst werden kann. Kurzfristige Änderungen des Anteils von COHb zwischen den Untersuchungspunkten A und B treten nicht ein. Anteile von MetHb, der oxidierten Form des Hämoglobinmoleküls (Ferrihämoglobin oder Methämoglobin), sind von der Aktivität des membrangebundenen Enzyms NADH-MetHb-Reduktase abhängig, welches Fe³⁺ in Fe²⁺ umwandelt. Die Kapazität der Erythrozyten, oxidiertes Häm zu reduzieren, ist vielfach größer als die Rate der physiologischen Hb-Oxidation, so daß im allgemeinen 1 bis 2 % MetHb nachgewiesen werden können. Zunahmen der MetHb-Fraktion können durch Förderung der MetHb-Bildung oder durch Einschränkung der MetHb-Reduktion bedingt sein. Höhere MetHb-Anteile bei den SK am Untersuchungspunkt B gegenüber A zeigen, daß die vorher genannten Vorgänge nach Erregung und Aktivität beeinflusst werden, jedoch werden klinisch relevante Anteile nicht erreicht.

Die biologische Bedeutung akustischer Signale und die anatomisch-funktionellen Voraussetzungen dieses Kommunikationssystems bei Nutztieren sind noch wenig untersucht worden (Griffiths et al., 1996; Heffner und Heffner, 1992). Anatomische und funktionelle Voraussetzungen und deren Ausprägungen in verschiedenen Entwicklungs-, Funktions- und Adaptationszuständen sind von Interesse. Die Rolle des akustischen Kanals in Verbindung mit anderen Kanälen der Biokommunikation bei in Herden lebenden Tieren ist zu evaluieren unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Nutztierhaltung und eine Anwendung der Erkenntnisse hinsichtlich der Optimierung, Überwachung und Verbesserung des Managements von landwirtschaftlichen Tierhaltungen zu prüfen. Die heutigen technischen Möglichkeiten der Aufnahme, Analyse, Konservierung und Archivierung akustischer Signale sind entscheidende Voraussetzungen für

neue Vorgehensweisen bei der Untersuchung des akustischen Kanals der Biokommunikation bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Die Mutterkuhhaltung ermöglicht einige Untersuchungsansätze, die in der vorliegenden Arbeit einbezogen worden sind. Das betrifft die Herstellung der Mutter-Nachkommen-Bindung, die Auffindung und Erkennung der eigenen Nachkommen, die Einordnung von Jungtieren in den Herdenverband und die Entwicklung und Erhaltung der Rollen einzelner Tiere im Herdenverband. Die zunächst berücksichtigten Fragen sind: (1) Wann, wie oft, wie lange geben Muttertiere und ihre Nachkommen bei einem Separierungsvorgang Laute welcher Qualität ab und welche Reaktionen rufen diese Laute bei den Tieren in welchen Situationen hervor? (2) Welche Effekte hat das Alter der SK auf die Häufigkeit der Lautgabe und die Qualität der Laute bei den Tieren? Während der Herausnahme der SK aus der Herde gaben die Muttertiere überwiegend und wiederholt Laute ab, die SK dagegen nur in ganz seltenen Fällen. Eine Lautqualität der jüngeren SK bei forciertem Entfernen aus der Herde war von dumpfer Zischlautqualität, und sie hatte Unruhe und Zusammenlaufen vieler Muttertiere zur Folge. Akustische Signale in Belastungs- und Angstsituationen sind von kurzer Dauer und werden nicht so häufig und stetig gegeben. Eine physikalisch-technische Analyse der Lautqualitäten, für welche methodische Ansätze beschrieben worden sind (Jahns und Walter, 1997a,b; 1998; Ikeda und Ishii, 1997a,b; Tamaki et al., 1993), und eine Prüfung der Individualspezifität der Laute sowie verwandtschaftlicher Beziehungen der Tiere und deren Effekte auf dieselben wird vorgenommen. Weiterhin wird das Rollenspiel der Tiere im Herdenverband bei der Lautgabe berücksichtigt. Die Feststellungen der Lautgabe bei Muttertieren und bei ihren Nachkommen sind in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen (Barfield et al., 1994; Hall et al., 1988; Kiley, 1972). Nicht genauer bekannt war bisher, ab welchem Alter und bei welchen Bedingungen Kälber auf akustische Signale des Muttertieres antworten und ab welchem Alter sie im Falle der Isolierung selbst Signale geben und welche Qualität der Signale in spezifischen Situationen in welchen Altersperioden der Kälber vorkommen können. Die vorliegenden Untersuchungen ließen Einflüsse des Erregungszustandes und auch des Alters auf die Qualität der Signale von Kälbern erkennen.

Vertreter der Boviden sind in den ersten Lebenstagen keine eindeutigen „hider“ oder „follower“, was in hohem Maße durch Rasse und spezielle Züchtungseffekte, durch die Entwicklungsqualität, die physische Fitness der neugeborenen Tiere sowie durch Umgebungsbedingungen beeinflusst wird. Angaben über Vokalisationen von Muttertieren und ihren Nachkommen während dieser Zeit sind daher unterschiedlich (Kiley, 1972; Kiley-Worthington und de la Plain, 1983; Lidfors, 1994). Im Falle von Verstecken und der Separation des Kalbes von der Mutter oder von der Herde würden Lautgaben eine Gefährdung des Kalbes erhöhen. Ethologische Betrachtungsweisen und Erklärungen für die Reaktionsweisen

landwirtschaftlicher Nutztiere in derartigen Entwicklungs- und Funktionsstatus werden nicht ausreichen. Wie aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht, sind in den ersten Lebenstagen Reifungsvorgänge vorhanden (Strain et al., 1989) oder Regulationsmechanismen wirksam, die eine Lautgabe unmöglich machen oder verhindern können. Effekte der Umgebungsbedingungen während der intrauterinen Entwicklung, solche der Geburtsbedingungen und die Folgen komplizierter Geburtsverläufe auf Entwicklung und Funktion des akustischen Kanals wären bei landwirtschaftlichen Nutztieren von Interesse. Postnatale Änderungen im akustischen Signalsystem werden durch zentralnervale Komponenten der Signalantwortgeneratoren beeinflusst, und die peripheren sensorischen Organe und die Generatoren im Stammhirn reifen vor den corticalen Generatoren (Glendenning und Masterton, 1998; Strain et al., 1989; Shepherd und Martin, 1995; Wu et al., 1998), was an Änderungen von Latenz und Amplitude der auditären Stammhirnantwort zu sehen ist (Griffiths et al., 1996; Strain et al., 1989). Zwischen 21 und etwa 50 Lebenstagen sind bei den Kälbern im zentralen Nervensystem Entwicklungsvorgänge vonstatten gegangen, die eine zunehmende Bedeutung und Wirksamkeit des akustischen Kanals der Biokommunikation erkennen lassen. Bei diesen Entwicklungs- und Anpassungsvorgängen sind mehrere Komponenten wirksam und unterschiedliche Zeitverläufe vorhanden, so daß bemerkenswerte individuelle Unterschiede bei den Kälbern festgestellt werden können, deren Ursachen weiter zu untersuchen wären. Die Anteile der akustischen, visuellen, olfaktorisch-gustatorischen und taktilen Wahrnehmung durch den gesamten sensorischen Input wären von Interesse wie auch das Verhältnis der intero- zu den exteroceptiven Afferenzen und ihr Effekt auf die zentralnervale Funktion in verschiedenen Altersperioden und Funktionszuständen. Bei adulten Rindern sind bei der Nahrungsbeschaffung z. B. visuelle Perzeptionen vorherrschend über akustische (Uetake und Kudo, 1994). Auch bis zum Alter von 80 Tagen ist keine beständige Lautgabe bei allen untersuchten SK während einer temporären Separation festzustellen gewesen. SK antworteten auf die Laute der eigenen Mutter unverzüglich und mit größerer Häufigkeit bei einem Alter von 10 Lebenstagen, jedoch sind auch hier beträchtliche individuelle Unterschiede zu beobachten gewesen. Genauere Darstellungen über Lautanalysen und Reaktionen der SK werden in gesonderten Abhandlungen vorgenommen.

5 Zusammenfassung

An insgesamt 31 Saugkälbern (SK) der Mutterkuhhaltung (Deutsche Rotbunte) wurden während temporärer Separierung, Transport und Isolation von 60 bis 90 min Dauer und in den folgenden 24 Std. in verschiedenen Altersperioden der SK Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz (HF) sowie Audio-Video-Aufzeichnungen vorgenommen und mit Punktmessungen der Körpertemperatur und von Blutinhaltsstoffen am Beginn (A) und am Ende (B) des

Separierungsvorganges kombiniert. Körpertemperatur, Gesamtprotein, Kreatinin, Harnstoff, P, Ca, Mg, Fe, O₂CAP, Hb, Hk und COHb wiesen hohe Individualspezifität auf und änderten sich nicht zwischen A und B. Physiologische Variablen wie pH, pCO₂, pO₂, BE, HCO₃, O₂CONT, O₂SAT, HHb, MetHb und Albumin änderten sich beträchtlich zwischen A und B und individuell sehr unterschiedlich. Digitale Lautaufzeichnungen bei Muttertieren und Kälbern werden zur Archivierung, zur technisch-physikalischen Lautanalyse und in Playback-Untersuchungen zur Prüfung der Reaktionsfähigkeit und der Reaktionsformen bei den Tieren genutzt. Die Untersuchungsbefunde ermöglichen eine zuverlässige Einschätzung von Erregungs- und Aktivitätszuständen (Grad und Dauer) bei den Muttertieren und bei ihren Kälbern und sind die Basis für die Prüfung der Rolle des akustischen Kanals der Biokommunikation in spezifischen Entwicklungs-, Funktions- und Adaptationsperioden von Rindern.

Reaction patterns of animals to events they are or they are not familiarized with. Transport and temporary separation of suckler calves from the mother cow herd at different periods of their life age and effects on metabolic and hematological variables and acoustic signals of the animals

A total of 31 suckler calves (20 male and 11 female animals) of the mother cow herd (German Red and White breed) were used for temporary separation experiments about 60 to 90 min duration at different life ages of calves. Separation procedure consisted of following parts: Catching the calf within the herd and forcing it to go with the experimenter out of the barn, manipulations like fitting the heart rate recording device, blood and saliva sampling, measuring body temperature, loading the calf on the transporter, short haul road transport, isolation in a small room for 60 to 90 min, blood and saliva sampling, body temperature recording, back transport. Long lasting measurements of heart rate and audio-video recording were combined with blood analysis of samples taken at the start of experiment (A) and at the end of isolation period (B). Body temperature, total protein, creatinine, blood urea, P, Ca, Mg, Fe, O₂CAP, Hb, Hk and COHb were of high individual specificity and did not change between A and B. Other variables like pH, pCO₂, pO₂, base excess, HCO₃, O₂CONT, O₂SAT, HHb, MetHb and Albumin changed markedly between A and B and in an individually different degree. Digital sound recordings taken from dams and calves were processed with computer aid, prepared for technical-physical analysis, stored within a sound archiv and used for playback experiments testing reactivity and reaction patterns of animals in different developmental and functional states. Results provide a good basis for reliable assessment of excitation and activity states (degree and duration) of dams and their calves and for testing the role and significance of auditory cues in biocommunication of cattle at specific developmental, functional and adaptation stages.

Literatur

- Barfield, C. H., Tang-Martinez, Z. und Trainer, J. M. (1994): Domestic calves (*Bos taurus*) recognize their own mothers by auditory cues. - *Ethology* 97, S. 257-264.
- Glendenning, K. K. und Masterton, R. B. (1998): Comparative morphometry of mammalian central auditory systems: Variation in nuclei and form of the ascending system. - *Brain Behav. Evol.* 51, S. 59-89.
- Griffiths, S., K., Pierson, L. L., Gerhardt, K. J., Abrams, R. M. und Peters, A. J. M. (1996): Auditory brainstem response in sheep: Part II. Postnatal development. - *Developmental Psychobiology* 29 (1), S. 53-68.
- Gustin, P., Detry, B., Robert, A., Cao, M. L., Lessire, F., Cambier, C., Katz, V., Ansay, M., Frans, A. und Clerbaux, T. (1997): Influence of age and breed on the binding of oxygen to red blood cells of bovine calves. - *J. Appl. Physiol.* 82, S. 784-790.
- Hall, S. J. G., Vince, M. A., Shillito Walser, E. und Garson, P. J. (1988): Vocalizations of the Chillingham cattle. - *Behaviour* 104, S. 78-104.
- Heffner, H. E. und Heffner, R. S. (1992): Auditory perception. - In: Phillips, C. und Piggins, D. (Eds.): *Farm Animals and the Environment*. - C.A.B. International Wellingford, Chap. 9, S. 159-184.
- Ikeda, Y. und Ishii, Y. (1997a): Identification of animal with its voice. - Proc. of ISAMA, Taipei, Taiwan, November 1997.
- Ikeda, Y. und Ishii, Y. (1997b): Analysis of livestock vocalizations. - Proc. of OSAMA 1997, Taipei, Taiwan, November, 1997.
- Jahns, G., Kowalczyk, W. und Walter, K. (1997a): An application of sound processing techniques for determining condition of cows. - 4th Intern. Workshop on Systems, Signals and Image Processing, May 28-30, 1997, Poznan, Poland.
- Jahns, G., Kowalczyk, W. und Walter, K. (1997b): Identification of animals and animal conditions by sound analysis. - Joint international conference on agricultural engineering and technology exhibition Dhaka, Bangladesh, 15 - 18th December 1997.
- Jahns, G., Kowalczyk, W. und Walter, K. (1998): Sound analysis to recognize animal conditions and individuals. - 4th Intern. Dairy Housing Conference, St. Louis, January 28-30, 1998.
- Kent, J. E. (1997): Stress in transported sheep. *Comp. Haematology International* 7, 163-166.
- Kiley, M. (1972): The vocalizations of ungulates, their causation and function. - *Z. Tierpsychologie* 31, 171-222.
- Kiley-Worthington, M. und de la Plain, S. (1983): The behaviour of beef suckler cattle (*Bos taurus*). - Birkhäuser Verlag Basel.
- Kosa, T., Maruyama, T. und Otagiri, M. (1997): Species differences of serum albumins: I. Drug binding sites. *Pharmaceutical Res.* 14, (11), S. 1607-1612.
- Kuwahara, M., Huh, M. D., Hirose, H. und Sugano, S. (1986): Alteration of the intrinsic heart rate and autonomic nervous tone during the growing process of rats and pigs. - *Jpn. J. Vet. Sci.* 48, 703-709.
- Lidfors, L. (1994): Mother-young behaviour in cattle. Parturition, development of cow-calf attachment, suckling and effects of separation. - Report 33 Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine Dept. of Animal Hygiene Skara 1994.
- Matsui, K., Kurokawa, Y. und Okubo, T. (1988): Changes of heart rate in Holstein cows, especially intrinsic heart rate with growth. - *Jpn. J. Zootech. Sci.* 59, S. 610-613.
- Rashid, H., Muzammil, S. und Tayyab, S. (1998): Comparison of bilirubin binding and other molecular properties of the serum albumin of several mammalian species. - *Biochem. Molecular Biology Internat.* 44 (1), S. 165-173.
- Shepherd, R. K. und Martin, R. L. (1995): Onset of ototoxicity in the cat is related to onset of auditory function. - *Hearing Res.* 92, S. 131-142.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Lehr, A., Ihnen, B., Szalony, S., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995): Klinisch-chemische und hämatologische Blutwerte und Anpassungsreaktionen bei Saugkälbern in den ersten Lebenswochen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 102, S. 399-405.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, T., von Horn, R., Ermgassen, K., Dehn, H., Lehr, A., Lottmann, S. und Grünberg, W. (1996): Physiologische Variablen bei Kälbern und ihre Bedeutung für Vitalität und Wachstum. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 103, S. 354-368.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Ermgassen, K. und 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), Heft 9, S. 47-70.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998a): Reaktionen junger Milchrindkälber und junger Saugkälber der Mutterkuhhaltung auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte durch Alter und Haltungsbedingungen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 105, S. 17-24.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998b): Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren. Entwicklungsqualität und Anpassung von Kälbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht in verschiedenen Haltungsvarianten und ihre Beziehung zu metabolischen und hämatologischen Variablen sowie zur Herzschlagfrequenz. - *Landbauforschung Völkenrode* 48, Heft 3, S. 118-138.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998c): Maturity of calves finishing milk rearing period and its effect on reaction patterns of calves in case of transport stress. - *Animal Research and Development*, Vol. 47, S. 85-111.

- Strain, G. M., Graham, M. C., Claxton, M. S. und Olcott, B. M. (1989): Postnatal development of brainstem auditory-evoked potentials, electroretinograms, and visual-evoked potentials in the calf. - J. Veterinary Intern. Med. 3, S. 231-237.
- Tamaki, K., Susawa, K., Otani, R., Amano, K. und Kadera, S. (1993): Characteristics of cattle voices and the possibility of their discrimination. - Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stan. 158, S. 1-11.
- Uetake, K. und Kudo, Y. (1991): Behavioural estimates of auditory thresholds in cattle. - Anim. Sci. Technol. (Jpn.), 62, S. 898-903.
- Uetake, K. und Kudo, Y. (1994): Visual dominance over hearing in feed acquisition procedure of cattle. - Appl. Anim. Behav. Sci. 42, S. 1-9.
- Wu, D. K., Nunes, F. D. und Choo, D. (1998): Axial specification for sensory organs versus non-sensory structures of the chicken inner ear. - Development 125, S. 11-20.
- Zijlstra, W. G. und Buurisma, A. (1997): Spectrophotometry of hemoglobin: Absorption spectra of bovine oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin. - Comp. Biochem. Physiol. Vol. 118B (no.4), S. 743-749.
- Verfasser: Steinhardt, Martin, Dr. vet. med. habil.; Thielscher, Hans-Hermann, Dr. vet. med., Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institutsteil Trenthorst-Wulmenau, Leiter: Prof. Dr. sc. agr. Dr. habil. Dr. h. c. Franz Ellendorff.

Anhang: Tabellen

Tabelle 1: Übersicht zum Tiermaterial
Saugkälber der Mutterkuhhaltung, Deutsche Rotbunte

		Laktations-Nr. der Mutter									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Anzahl									
m	20	1	5	8	3	1	-	2	-	-	-
w	11	5	-	3	1	-	-	1	-	-	1
	31	6	5	11	4	1	-	3	-	-	1
		Alter 1			Alter 2			Alter 3			
	n	23			25			17			
	x	15,0			43,8			66,6			
	s	4,6			4,2			6,3			
	min	9			35			60			
	max	23			51			81			
m = männlich, w = weiblich											

Tabelle 2: Körpertemperatur (RT) und Blutmeßwerte bei Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernern aus der Herde (A) und am Ende temporärer Isolierung (B), Statistiken

		15 LT		40 LT		60 LT	
		A	B	A	B	A	B
RT (°C)	n	23	23	25	25	18	17
	x	39,60	39,61	39,50	39,48	39,67	39,68
	s	0,43	0,35	0,25	0,18	0,41	0,42
	min	38,5	38,5	39,0	39,1	39,2	39,0
	max	40,2	40,1	40,1	39,9	40,7	40,6
pH	n	23	23	25	25	18	18
	x	7,282	7,294	7,268	7,333*	7,241	7,341*
	s	0,068	0,068	0,069	0,060	0,089	0,056
	min	7,089	7,141	7,145	7,141	7,038	7,162
	max	7,360	7,385	7,390	7,392	7,323	7,415
pCO ₂ (mmHg)	n	23	23	25	25	18	18
	x	61,25	58,89	61,33	55,21*	64,87	54,23*
	s	6,70	7,11	5,61	3,42	6,42	3,94
	min	51,6	51,2	52,4	47,8	56,7	46,3
	max	80,1	80,5	70,9	62,8	78,6	61,7
pO ₂ (mmHg)	n	23	23	25	25	18	18
	x	45,15	43,55	52,30	51,57	55,54	57,27
	s	8,19	4,59	8,23	8,04	8,34	9,09
	min	33,6	37,1	42,5	38,7	42,3	46,7
	max	75,4	53,5	71,0	68,1	73,5	75,7
BE (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	1,83	1,95	0,79	3,32*	0,11	3,60*
	s	3,16	4,17	3,64	4,20	4,88	3,90
	min	-6,1	-9,5	-7,1	-9,3	-11,8	-9,3
	max	6,1	7,7	6,7	8,7	5,8	7,5
HCO ₃ (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	27,23	27,04	26,55	27,94	25,72	27,91*
	s	2,24	3,42	2,71	3,52	4,45	3,22
	min	22,2	17,8	20,6	18,1	14,8	17,8
	max	31,1	31,5	31,0	33,7	30,9	31,6
Hb (g/dl)	n	23	23	25	25	18	18
	x	10,30	10,35	11,47	11,26	12,49	12,11*
	s	1,76	1,82	1,32	1,26	1,53	1,44
	min	6,9	7,0	8,3	8,1	9,0	9,5
	max	12,9	13,3	13,8	13,3	15,3	14,5
Hk (%)	n	23	23	24	25	18	17
	x	34,3	34,7	37,0	35,6*	38,9	36,8*
	s	5,4	5,5	3,5	3,7	3,3	3,8
	min	23	23	31	28	32	30
	max	43	44	43	42	44	43

*, * Mittelwerte A, B signifikant verschieden, * p < 0,05, * p < 0,01

Tabelle 3: Sauerstoffgehalt und -transportvermögen sowie Hämoglobinderivate des Blutes bei Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernen aus der Herde (A) und am Ende temporärer Isolierung (B), Statistiken

		15 LT		40 LT		60 LT	
		A	B	A	B	A	B
O ₂ CONT (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	6,15	6,24	7,71	8,30	7,44	9,13*
	s	2,13	2,07	1,82	1,95	1,48	2,10
	min	2,60	3,50	4,10	4,80	4,10	6,10
	max	10,90	10,60	11,60	12,80	9,70	12,50
O ₂ CAP (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	13,98	14,09	15,55	15,26	17,38	16,41*
	s	2,43	2,51	1,81	1,75	1,88	1,97
	min	9,4	9,5	11,2	10,9	13,7	12,9
	max	17,7	18,1	18,9	18,2	20,8	19,6
O ₂ SAT (%)	n	23	23	25	25	18	18
	x	42,50	43,03	48,16	52,98	42,00	53,94*
	s	10,34	10,14	9,45	10,37	8,37	8,86
	min	24,7	26,6	35,4	28,9	25,3	36,0
	max	65,3	64,5	69,5	69,3	55,2	75,2
HHb (%)	n	23	23	25	25	18	18
	x	54,98	54,58	49,14	44,32*	55,45	43,34*
	s	10,74	10,27	9,67	10,70	8,52	8,94
	min	30,3	34,7	27,8	28,0	42,0	21,8
	max	74,0	71,6	62,6	70,0	72,3	61,7
COHb (%)	n	23	23	25	25	18	18
	x	2,04	1,80	2,05	1,92*	1,96	1,91
	s	0,69	0,59	0,44	0,43	0,45	0,25
	min	0,8	0,4	0,9	0,5	1,2	1,5
	max	4,0	2,6	2,6	2,5	2,7	2,3
MetHb (%)	n	23	23	25	25	18	18
	x	0,32	0,39*	0,44	0,56*	0,37	0,59*
	s	0,09	0,16	0,16	0,14	0,10	0,13
	min	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4
	max	0,5	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0

*, * Mittelwerte A, B signifikant verschieden, * p < 0,05, * p < 0,01

Tabelle 4: Biochemische Blutwerte und Mineralstoffe des Blutes bei Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernen aus der Herde (A) und am Ende temporärer Isolierung (B), Statistiken

		15 LT		40 LT		60 LT	
		A	B	A	B	A	B
Kreatinin (mg/dl)	n	23	23	25	25	18	18
	x	1,12	1,13	1,11	1,09*	1,10	1,06*
	s	0,12	0,13	0,15	0,16	0,14	0,15
	min	0,80	0,81	0,77	0,71	0,85	0,81
	max	1,36	1,35	1,39	1,36	1,38	1,38
Hamstoff (mg/dl)	n	23	23	25	25	18	18
	x	19,39	20,33	17,06	16,90	17,17	17,00
	s	5,89	6,58	4,48	4,14	4,08	4,66
	min	10,0	9,5	8,8	8,8	7,8	6,5
	max	31,4	32,6	26,6	24,6	28,6	30,7
Gesamt- protein (g/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	61,65	61,47	60,46	60,07	59,81	58,68
	s	6,13	6,55	3,51	3,88	2,76	2,92
	min	49,84	49,22	54,78	54,29	54,71	52,12
	max	72,45	72,98	67,07	68,58	63,39	63,30
Albumin (g/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	36,97	36,32	39,00	38,82	37,77	36,40
	s	2,24	2,08	1,57	1,10	2,65	4,04
	min	33,75	32,05	34,90	37,18	30,60	27,75
	max	42,18	40,51	42,23	41,20	41,59	40,72
Ca (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	3,06	3,03*	3,01	2,94*	2,98	2,93*
	s	0,16	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14
	min	2,73	2,75	2,63	2,59	2,66	2,61
	max	3,34	3,30	3,24	3,21	3,11	3,14
Mg (mmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	0,82	0,81	0,71	0,70*	0,66	0,64*
	s	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,13
	min	0,61	0,54	0,52	0,49	0,43	0,42
	max	0,95	1,00	0,91	0,90	0,88	0,84
P (mg/dl)	n	23	23	25	25	18	18
	x	9,31	8,78*	9,17	8,43*	8,91	8,13*
	s	0,96	0,88	0,74	0,69	1,42	1,25
	min	7,29	7,10	7,44	6,83	5,75	5,37
	max	10,74	10,20	10,48	10,21	11,25	9,72
Fe (µmol/l)	n	23	23	25	25	18	18
	x	14,37	14,60	29,78	24,50	31,12	29,49
	s	9,28	10,06	25,12	19,74	18,77	18,01
	min	2,6	2,3	4,8	3,7	6,0	5,6
	max	36,0	36,8	100,6	90,6	65,4	59,9

*, * Mittelwerte A, B signifikant verschieden, * p < 0,05, * p < 0,01

Tabelle 5: Korrelationen und Regressionen biochemischer Blutwerte und der Mineralstoffe des Blutes von Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernen aus der Herde (A) und am Ende der Isolierungsperiode (B)

	A ₁ : B ₁	A ₂ : B ₂	A ₃ : B ₃
P	N = 23, r = 0,84 p < 0,0001 y = 0,78x+1,6	N = 25, r = 0,665 p = 0,0002 y = 0,63x+2,69	N = 18, r = 0,923 p < 0,0001 y = 0,81x+0,89
Fe	N = 23, r = 0,988 p < 0,0001 y = 1,07x-0,78	N = 25, r = 0,884 p < 0,0001 y = 0,7x+3,81	N = 18, r = 0,992 p < 0,0001 y = 0,95x-1,08
Mg	N = 23, r = 0,97 p < 0,0001 y = 1,17x-0,14	N = 25, r = 0,88 p < 0,0001 y = 1,01x-0,023	N = 18, r = 0,976 p < 0,0001 y = 0,96x-0,001
Ca	N = 23, r = 0,806 p < 0,0001 y = 0,71x+0,87	N = 25, r = 0,748 p < 0,0001 y = 0,77x+0,62	N = 18, r = 0,701 p = 0,0007 y = 0,81x+0,53
Harnstoff	N = 23, r = 0,936 p < 0,0001 y = 1,05x+0,07	N = 25, r = 0,975 p < 0,0001 y = 0,9x+1,5	N = 18, r = 0,986 p < 0,0001 y = 1,13x-2,34
Kreatinin	N = 23, r = 0,964 p < 0,0001 y = 1,08x-0,09	N = 25, r = 0,982 p < 0,0001 y = 1,01x-0,03	N = 18, r = 0,982 p < 0,0001 y = 1,02x-0,06
Gesamtprotein	N = 23, r = 0,856 p < 0,0001 y = 0,91x+5,09	N = 25, r = 0,58 p = 0,0013 y = 0,64x+21,3	N = 18, r = 0,817 p < 0,0001 y = 0,86x+7,09
Albumin	N = 23, r = 0,667 p = 0,0003 y = 0,62x+13,45	N = 25 ---	N = 18 ---

Tabelle 6: Korrelationen und Regressionen der Körpertemperatur (RT) und Blutmeßwerte von Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernen aus der Herde (A) und am Ende der Isolierungsperiode (B)

	A ₁ : B ₁	A ₂ : B ₂	A ₃ : B ₃
RT	N = 23, r = 0,792 p < 0,0001 y = 0,64x+14,2	N = 25, r = 0,645 p = 0,0003 y = 0,47x+21	N = 17, r = 0,894 p < 0,0001 y = 0,88x+4,73
pH	N = 23, r = 0,482 p = 0,01 y = 0,48x+3,77	---	---
pCO ₂	N = 23, r = 0,758 p < 0,0001 y = 0,8x+9,63	---	---
pO ₂	---	N = 25, r = 0,606 p = 0,0007 y = 0,59x+20,6	N = 18, r = 0,44 p = 0,0333 y = 0,48x+30,5
BE	---	---	N = 18, r = 0,415 p = 0,0436 y = 0,33x+3,56
HCO ₃	---	---	N = 18, r = 0,522 p = 0,0135 y = 0,38x+18,2
Hb	N = 23, r = 0,96 p < 0,0001 y = 0,99x+0,15	N = 25, r = 0,88 p < 0,0001 y = 0,84x+1,81	N = 18, r = 0,467 p = 0,0258 y = 0,43x+6,62
Hk	N = 23, r = 0,96 p < 0,0001 y = 0,99x+0,7	N = 24, r = 0,547 p = 0,003 y = 0,58x+14,2	N = 17, r = 0,863 p < 0,0001 y = 0,96x-0,5

Tabelle 7: Korrelationen und Regressionen der Meßgrößen von Sauerstoffgehalt und -transportvermögen sowie der Hämoglobinderivate des Blutes von Saugkälbern in verschiedenen Altersbereichen nach Entfernen aus der Herde (A) und am Ende der Isolierungsperiode (B)

	A ₁ : B ₁	A ₂ : B ₂	A ₃ : B ₃
O ₂ CONT	N = 23, r = 0,757 p < 0,0001 y = 0,73x+1,72	N = 25, r = 0,457 p = 0,011 y = 0,48x+4,6	N = 18 ---
O ₂ CAP	N = 23, r = 0,965 p < 0,0001 y = 0,997x+0,15	N = 25, r = 0,872 p < 0,0001 y = 0,84x+2,15	N = 18, r = 0,909 p < 0,0001 y = 0,95x-0,17
O ₂ SAT	N = 23, r = 0,491 p = 0,0089 y = 0,48x+22,6	N = 25 ---	N = 18 ---
HHb	N = 23, r = 0,46 p = 0,0138 y = 0,44x+30,4	N = 25 ---	N = 18 ---
COHb	N = 23, r = 0,365 p = 0,043 y = 0,31x+1,16	N = 25, r = 0,775 p < 0,0001 y = 0,77x+0,34	N = 18, r = 0,639 p = 0,0024 y = 0,35x+1,22
MetHb	N = 23 ---	N = 25, r = 0,519 p = 0,0041 y = 0,47x+0,36	N = 18 ---

Tabelle 8: Anzahl der getesteten Tiere
Anzahl der Tiere, die einen Ruf geben und Anzahl der Rufe pro reagierendem Tier in gleich breiten Altersklassen

Altersklassen der Saugkälber							
0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80
0	0	1	0	24	21	7	9
0	0	0	1	27	2	0	5
	0		13	0	2	5	0
	0		0	8		13	72
	0		0	5		0	
	0			0		1	
				4		0	
				0		1	
				0		1	
				5		13	
				0		0	
				3			
				10			
				0			
				3			
				56			
				0			
2/0	6/0	2/1	5/2	17/10	3/3	11/7	4/3
<u>8/0</u>		<u>7/3</u>		<u>20/13</u>		<u>15/10</u>	
0 %		43 %		65 %		67 %	