

## Geschlechtsspezifische Entwicklung physiologischer Variablen der Kälber während der frühen Aufzucht und Reaktionen der Tiere auf Transport mit Straßenfahrzeugen

MARTIN STEINHARDT, HANS-HERMANN THIELSCHER UND WALTER GRÜNBERG

Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee,  
Institutsteil Trenthorst/Wulmenau

### Einleitung

Über geschlechtsspezifische Entwicklungen physiologischer Variablen bei Kälbern in den ersten postnatalen Lebenstagen und -wochen liegen Untersuchungsbefunde vor (Grünberg, 1996; Hernandez et al., 1972; Steinhardt et al., 1995; 1996a,b), die die Blutharnstoffkonzentration und diejenige der Schilddrüsenhormone betreffen. Ursächlich können präpartale und auch postpartale Effekte auf Entwicklungs- und Adaptationsqualität in Erwägung gezogen werden. Bekannt ist die kleinere Geburtsmasse weiblicher Kälber. Neben Grad und Dauer des Bestehens solcher Entwicklungsunterschiede sind vor allem die Auswirkungen bei verstärkter Belastung der Tiere in Verbindung mit Manipulationen, die sich aus dem Produktionsprozess ergeben, von Interesse.

Wir prüften an einem größeren Untersuchungsmaterial, unter welchen Bedingungen sich während der Aufzucht geschlechtsspezifische Entwicklungen von Funktionen und Adaptationen bei Kälbern nachweisen lassen und ob diese Auswirkungen bei den Reaktionen auf einen Transportvorgang haben.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an Kälbern der Milchrindherde (Deutsche Holstein Friesian, Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, Deutsche Rotbunte) und an Saugkälbern der Mutterkuhherde (Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, Deutsche Rotbunte, Kreuzungstiere Galloway x Holstein Friesian) des Institutes in der Zeit vom 12.10.1995 bis 29.04.1996 vorgenommen. Die Tränkkälber befanden sich in Einzelboxen mit Stroheinstreu, die innerhalb des Milchrindstalles angeordnet waren, die Saugkälber mit ihren Müttern in Laufboxen mit Stroheinstreu (etwa 25 Mutter-Kalb-Paare). Tränkkälber erhielten gegen 7.00 Uhr und 16.00 Uhr Milch aus Tränkeimern. Probennahmen und Anlegen von Meßeinrichtungen erfolgten bei den Tieren zwischen 7.45 Uhr und 8.15 Uhr innerhalb der Stallbox. Die Vorgehensweise und Reihenfolge der Untersuchungen an den Tieren vor und nach Transport sowie am folgenden Tag ist stets eingehalten und diejenige der Tiere protokolliert worden, so daß zeitliche Effekte geprüft werden konnten. Transporte der Kälber wurden an drei Altersbereichen konzentriert (**Tabelle 1, Anhang**) und in der Tageszeit zwischen 8.30 Uhr und 10.00 Uhr mit demselben Fahrzeug (einachsiger Hänger, Grundfläche Alu-Profil 1,25 x 2,5 m,

hölzerne Seitenwände 1,05 m hoch, Mittelhöhe 1,1 m, Planendach, Verladeklappe als Hinterwand) auf den gleichen Wegen über eine Strecke von 13 km vorgenommen. Da das Alter der Tiere als bestimmender Faktor gewählt worden war, ist die Beladung des Fahrzeuges in unterschiedlicher Dichte vorgenommen worden. Unmittelbar vor und nach dem Transport ist die Körpermasse (KM) der Tiere festgestellt worden. Tränkkälber wurden durch zwei Personen auf das Fahrzeug verbracht, Saugkälber liefen etwa 10 bis 15 m von der Liegebox zum Transportfahrzeug. Die Tiere blieben eine Zeitdauer von 20 Minuten auf dem stehenden Fahrzeug, erst danach wurde der eigentliche Transport über eine Zeit von 20 min vorgenommen. Nach Beendigung des Transportes kamen Tränkkälber in eine Gruppenhaltung mit Automatenfütterung, die sich an zwei Standorten befand und nacheinander beschickt wurde. Saugkälber kamen nach dem Transport wieder in die Laufbox zurück.

Herzschlagfrequenz (HF)-Messungen wurden vorher und am Tage des Transportes mit Hilfe des Polar Sport Testers kontinuierlich über 24 Std. vorgenommen (Steinhardt et al., 1997). Während des Transportvorganges erfolgte die Speicherung in 5-sec-Intervallen und während der übrigen Tageszeit in 60-sec-Intervallen. Für charakteristische Perioden des Transportvorganges sind Mittelwerte der HF errechnet und als HF-Kennwerte (HFBasis: etwa 24 Std.-Messung vor Transport sowie HF<sub>TP1</sub> bis HF<sub>TP7</sub>) für die weitere Bearbeitung verwendet worden (**Abbildungen 6 und 7, Anhang**). In peripheren venösen Blutproben (*Vena jugularis*) bestimmten wir vor, unmittelbar danach und am folgenden Tag (U1, U2, U3) den Säure-Basen-Status, die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke, die Plasmaeiweiß-, Albumin-, Laktat-, Harnstoff-, Kreatinin-, Glukose-, Cortisol-, Noradrenalin-, Adrenalin-, T<sub>4</sub>-, FT<sub>4</sub>-, T<sub>3</sub>- und FT<sub>3</sub>-Konzentration und diejenige von Ca, Mg, P und Fe. 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 OxyLite von Medical Instruments AG untersucht, mit welchem neben Meßgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung (O<sub>2</sub>SAT), Sauerstoffkapazität (O<sub>2</sub>CAP) und der Sauerstoffgehalt (O<sub>2</sub>CONT), die Hämoglobinderivate Oxyhämoglobin (O<sub>2</sub>Hb), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxyhämoglobin (COHb), Methämoglobin

(MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können. Cortisol wurde mit Hilfe eines Radioimmunoassays, die Schilddrüsenhormone  $T_4$ ,  $FT_4$ ,  $T_3$  und  $FT_3$  mit einem Lumineszenz-Enzym-Immunoassay (LEIA) von Nichols Diagnostics und Hk mit der Mikromethode bestimmt.

Die Untersuchungsbefunde sind nach dem Geschlecht des Kalbes sowie nach Altersgruppen und Haltungsvarianten bearbeitet worden, wobei die Varianzanalyse und die Regressions- und Korrelationsrechnung angewendet worden sind (PC-Statistik von Topsoft Hannover). Mittelwertunterschiede zweier Gruppen wurden mit dem t-Test geprüft. Für die Darstellung sind Box and Whisker Plots bevorzugt worden, die einen hohen Informationsgehalt haben. Die Box umfaßt den Hälftespielraum und enthält den arithmetischen 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). Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den **Tabellen und Abbildungen am Ende dieses Beitrags** angegeben. Die Ergebnisse werden in dem vorliegenden Bericht in ausgewählten Beispielen wiedergegeben.

## Ergebnisse

### Alter und Körpermasse der Kälber (**Tabelle 1 und Abbildung 1, Anhang**)

Weibliche Kälber hatten in den Altersgruppen eine kleinere Geburtsumasse und auch zum Zeitpunkt des Transportes eine kleinere KM als männliche Kälber, wobei Mittelwertunterschiede in vielen Fällen zu sichern waren (**Tabelle 1, Anhang**). Die mittleren Geburtsumassen waren bei TK und SK nicht verschieden. Die größeren KM-Zunahmen der SK zwischen Geburt und Zeitpunkt der Transportbelastung sind deutlich erkennbar. Änderungen der KM durch Transport waren von der KM abhängig und bei weiblichen und männlichen Kälbern im Mittel nicht unterschiedlich (**Abbildung 1, Anhang**). SK hatten größere aktuelle KM-Verluste durch den Transport als TK.

### Alters- und Geschlechtseinflüsse auf physiologische Variablen der Kälber in zwei Haltungsvarianten

Bei den meisten metabolischen, hämatologischen und hormonellen Variablen waren Mittelwertunterschiede zwischen den Alters- und Haltungsgruppen häufiger und deutlicher als solche zwischen den Geschlechtergruppen. Diese Ergebnisse werden hier nicht ausführlich dargestellt. Bei Schilddrüsenhormonen und HF sowie bei Noradrenalin und Adrenalin wurden Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Kälbern offensichtlich (**Tabellen 2 bis 4, Abbildungen 1 sowie 3 bis 7, Anhang**). Die Noradrenalin-

konzentration des Blutplasmas weist bei weiblichen Kälbern eine größere Variation als bei männlichen Kälbern auf, so daß Altersunterschiede bei männlichen Tieren deutlicher hervortreten (**Abbildung 4, Anhang**). Die Noradrenalin-konzentration ist bei SK kleiner und die Adrenalin-konzentration größer als bei TK (**Abbildungen 4 und 5, Anhang**).

### Änderungen physiologischer Variablen nach Transport (**Tabellen 2 bis 7, Abbildungen 2 bis 10, Anhang**)

Unmittelbar nach Transport waren RT, Cortisol und in den meisten Fällen Laktat und Glukose erhöht (**Abbildungen 1 und 3, Tabelle 7, Anhang**). Die Änderung der RT nach Transport ist vom Ausgangswert abhängig, und für die Gruppen TK3-7m, TK3-7w, TK8-15w sowie SK>15m konnten gesicherte Beziehungen zwischen den Änderungen nach Transport und den Ausgangswerten nachgewiesen werden. Auch für Noradrenalin und Adrenalin ließen sich sichere Beziehungen der Änderungen nach Transport zu den Ausgangswerten nachweisen (**Abbildung 2, Anhang**). Bei den Schilddrüsenhormonen waren Reaktionen bei TK8-15 und SK8-15 nach Transportbelastung erkennbar (**Abbildungen 8 bis 10, Anhang**), die bei SK deutlicher als bei TK hervortraten. Mittelwertunterschiede konnten jedoch nicht gesichert werden. Die mittleren Änderungen der Variablen nach gegenüber vor dem Transport unterschieden sich für Gesamtprotein bei TK8-15 sowie für  $FT_4$  bei SK8-15 zwischen männlichen und weiblichen Tieren signifikant. Die Änderungen einiger Variablen hatten untereinander enge und in den meisten Fällen positive Beziehungen. Vorkommen und Stärke dieser Beziehungen waren in den Kälbergruppen unterschiedlich.

Die größten HF-Steigerungen waren während des Verladens und im Transportbeginn festzustellen (**Abbildungen 6 und 7, Anhang**). Auf dem stehenden Transportfahrzeug wurde die HF wieder verringert, und in der zweiten Hälfte der Zeit waren die HF-Kennwerte bei SK von 8-15 LT auf dem Niveau der Ausgangswerte vor dem Transportvorgang. Bei SK>15 LT wurden die HF-Kennwerte in dieser Periode nicht so weit verringert. Erhöhte HF-Kennwerte waren wieder im Transportbeginn zu beobachten. Die HF-Kennwerte in der zweiten Hälfte des Transportes und während des Entladens waren zwar kleiner als im Transportbeginn, lagen jedoch immer noch höher als die Ausgangswerte vor dem Transport (**Abbildungen 6 und 7, Tabelle 4, Anhang**). Sichere Unterschiede gab es zwischen männlichen und weiblichen SK. Hervorzuheben ist die größere Variation der HF bei TK während des Transportes (HFTP 5 und HFTP6) sowie auch beim Entladen und bei weiteren Manipulationen an den Tieren (HFTP7) (**Abbildungen 6 und 7, Anhang**).

## Individualspezifität physiologischer Variablen

Die meisten Variablen weisen bei männlichen und auch bei weiblichen Kälbern eine größere interindividuelle Variation auf. Für viele Variablen (Hb, Hk, Gesamtprotein, Albumin, T<sub>4</sub>, FT<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, FT<sub>3</sub>) lassen sich zwischen den Untersuchungspunkten U1, U2 und U3 enge Korrelationen nachweisen, für deren Stärke bei den Vertretern der Geschlechter keine sicheren Unterschiede gefunden wurden. Diese Ergebnisse werden hier nicht weiter angeführt. Bei den Meßgrößen Cortisol, Noradrenalin und Adrenalin sind solche Korrelationen nicht bzw. nicht in allen Fällen nachzuweisen gewesen. Auch die Regressionen lassen keine prinzipiellen Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Kälbern erkennen.

## Diskussion

Einschätzungen der Ausgangssituation bei Kälbern in den ersten drei Lebenswochen und auch solche der Reaktionen der Tiere im Falle des Transportes müssen Entwicklungs- und Adaptationsunterschiede sowie Nachwirkungen des Geburtsverlaufes berücksichtigen. Auch bei älteren Kälbern werden Gesundheitsstatus, Leistung und konstitutionelle Komponenten vor dem Transport für wichtige Determinanden der Reaktionen während des Transportes und vor allem für den Status der Tiere in der folgenden Zeit unter neuen Umgebungsbedingungen gehalten (Cole et al., 1988). Der breite methodische Ansatz der vorliegenden Untersuchung hat sich als vorteilhaft erwiesen, Entwicklungsqualität und Anpassung der Tiere an spezifische Haltungsbedingungen und die Reaktionen bei Belastung wie Transport zu klassifizieren und zu charakterisieren.

Größere KM-Verluste der SK nach Transport sind auf die größere KM dieser Tiere und auf die beliebige Nahrungsverfügbarkeit zurückzuführen. Die Nahrungsaufnahme der Kälber ist nicht kontrolliert worden. Variationen der Körpertemperatur der Kälber vor dem Transport sind auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Zuverlässige Messungen über periodische Änderungen derselben an Kälbern unter solchen Haltungsbedingungen liegen nicht vor. Energetische Voraussetzungen für die Wärmebildung durch Ausstattung mit Fettreserven werden bei Kälbern auch im Falle restriktiver Ernährung des Muttertieres gewährleistet (Martin et al., 1997), die adäquate Nutzbarkeit derselben ist jedoch von der Intaktheit der Regulationseinrichtungen und kapazitiven Merkmalen der Funktionssysteme abhängig. Bei in Kälberhaltungen subklinisch und auch in beginnenden klinischen Erscheinungsformen vorkommenden Erkrankungen des Magen-Darm-Systems sowie auch der Atmungsorgane, die je nach Intensität und Qualität der Kontrolle und dem Beurteilungsvermögen des Kontrollierenden bemerkt und beurteilt werden, können Rektaltemperaturen der Tiere in beiden Richtungen verlagert sein.

Wie aus der Untersuchung hervorgeht, sind die mit Erregungssteigerungen und Muskeltätigkeit verbundenen Änderungen der Körpertemperatur nach Transport von der Ausgangssituation abhängig. Steigerungen der Körpertemperatur waren um so größer, je niedriger der Ausgangswert lag. Bei Kälbern mit Rektaltemperaturen größer 39,6 bis 39,8 °C vor dem Transport war danach sogar ein Abfall der RT festzustellen.

Viele physiologische Variablen weisen in dieser Altersperiode eine bemerkenswerte inter- und intraindividuelle Variation auf, die bei den Geschlechtern unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Wie aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht, treten zwischen männlichen und weiblichen Kälbern Mittelwertunterschiede bei den Hormonkonzentrationen, speziell solchen der Schilddrüsenhormone, und an den Herzfrequenzkennwerten hervor, besonders deutlich bei Saugkälbern im Alter von 8 bis 21 Lebenstagen. Kausal kann dies auf wechselseitige hormonelle Effekte und eine Prägung der Kälber während der intrauterinen Entwicklung (Lay et al., 1997; Schwartz und Rose, 1998) sowie auf Faktoren, die mit Verteilungsraum oder Hormondisposition verbunden sind, zurückzuführen sein. Die Regulation des Körperwassergehaltes und der intravasalen Flüssigkeitsmenge z. B. ist in dieser Altersperiode auf die Aufnahme von Flüssignahrung eingestellt. Die Aufnahme größerer Milchmengen und der in der Milch enthaltenen Substanzen wie Wachstumsfaktoren, Erythropoietin, Hormone (Amit et al., 1997; Dauncey, 1997; Donovan et al., 1997; Kling et al., 1998; Koldovsky, 1995; Koldovsky und Thornburg, 1987; Kurz und Willet, 1991) sind kausal für temporäre Entwicklungsdifferenzen männlicher und weiblicher Kälber in Betracht zu ziehen. Übermäßige Ernährung von hypothyreoiden und hyperthyreoiden Schweinen führte dazu, daß diese die größten Wachstumsraten während einer drei Wochen andauernden Behandlung hatten. Diese beiden Gruppen hatten auch signifikant höhere zirkulierende IGF-I- und Insulin-Konzentrationen gegenüber euthyreoiden und hyperthyreoiden Tieren mit gleichem Ernährungsregime (Morovat und Dauncey, 1998).

Für die Einschätzungen der Entwicklungsqualität und der Reaktionen der Kälber wurden in dieser Arbeit Konzentrationen von Stoffen genutzt, die eine unterschiedliche Turnoverrate von einigen Minuten bis zu mehreren Tagen und Wochen haben. Enge Korrelationen von Gesamtprotein, Albumin, Hb, Kreatinin, Mineralstoffen wie P, Ca, Mg und Fe sowie Schilddrüsenhormone zwischen den Untersuchungen lassen eine hohe Individualspezifität derselben erkennen. Für Noradrenalin, Adrenalin und Cortisol konnten in einigen Fällen Korrelationen zwischen den Untersuchungen gefunden werden. Bei Labortieren ist die Individualspezifität sympathischer Reaktionen an der Katecholaminkonzentration gezeigt worden (Sgoifo et al., 1996; Taylor et al., 1989). Männliche Tiere wiesen eine stärkere Reaktion der Katecholaminkonzentration auf. Die Noradrenalin-Konzentration änderte sich während der Belastung bei beiden Geschlechtern stärker als die Adrena-

linkonzentration, wie dies auch bei Kälbern in der vorliegenden Arbeit der Fall ist. Der größte Teil der freien Katecholamine wird durch Phenolsulphotransferase konjugiert, und es kann eine Beziehung zwischen der Konzentration freier Katecholamine und derjenigen der sulphokonjugierten Katecholamine bei Belastungen bestehen (Ogaki et al., 1995). Diese und besonders Noradrenalin-S reflektieren die gesamte Katecholaminfreigabe bei sympathischer Aktivierung und könnten als kumulativer Index wirken. Für energetische Substrate wie Glukose und Laktat konnten keine Korrelationen zwischen den Untersuchungspunkten gefunden werden.

In Verbindung mit der Wärmeregulation, Nahrungsaufnahme und Muskeltätigkeit der Kälber sind neben der regulatorischen Integration vor allem die Einstellung von Regulationseinrichtungen für die Mineralstoffkonzentrationen des Blutes (Abouzite et al., 1997; Goff et al., 1982; Cabello und Michel, 1977), des Säure-Basen-Status und der Gasdrucke (Calder et al., 1997; Canet et al., 1996; Mortola und Lanthier, 1996; Moss et al., 1995; Perez Fontan et al., 1998; Teitel, 1996) in Verbindung mit kapazitiven Merkmalen der Funktionssysteme von Bedeutung.

Kälber werden in den meisten Fällen mit einer metabolischen Azidose geboren, die dann in Kombination mit einer respiratorischen Azidose für einige Tage bestehen bleiben kann. An dem Verschwinden der metabolischen Azidose ist die Intaktheit der Leberfunktion, an dem der respiratorischen Azidose die Kapazität der Lungenfunktion sowie der peripheren und zentralen chemorezeptiven Gewebe beteiligt. Auswirkungen metabolischer Störungen mit subklinischer Azidose bei den Muttertieren reichen bei den Kälbern bis in die ersten Lebenswochen hinein (Lechowski, 1997).

Durchblutung und Sauerstoffversorgung der Körperbereiche sind von Sauerstofftransportvermögen des Blutes und Förderleistung des Herzens abhängig. Die systemische  $O_2$ -Extraktion liegt bei Normoxie etwa bei 55 bis 60 % und steigt im Falle von Hypoxie auf 70 bis 75 % an (Torrance und Wittnich, 1994; van der Hoeven et al., 1997). Periphere venöse Blutproben ermöglichen orientierende Einschätzungen, und sie lassen eine beträchtliche interindividuelle Variation des  $O_2$ -Gehaltes und der  $O_2$ -Sättigung erkennen (Tabelle 5, Anhang). Kritische Grade des venösen  $O_2$ -Gehaltes von etwa 2 bis 3 mmol/l werden offensichtlich in einigen Fällen unmittelbar nach Transport und am folgenden Tage erreicht. Wie an  $O_2$ -Sättigung, HHb und  $O_2$ Hb zu erkennen ist (Tabellen 5 und 6, Anhang), scheinen Zunahme von Organdurchblutung und stärkere  $O_2$ -Beladung des Blutes bei Kälbern in diesem Alter eine größere Rolle zu spielen als die Zunahme der  $O_2$ -Extraktion. Erhöhte und auch nach Transport noch weiter vergrößerte Laktatkonzentrationen (Tabelle 7, Anhang) deuten auf die ungenügend nutzbare  $O_2$ -Reserve und auf hypoxische Zustände unterschiedlichen Grades bei einem großen Anteil der Kälber hin.

$O_2$ -Bindungseigenschaften werden durch die Hämoglobinvariante sowie durch den Gehalt der Erythrozyten an Diphosphoglycerat (DPG) und Cl und an Protonen (pH-Wert) bestimmt. Die Erythrozyten neugeborener Kälber enthalten fetales Hämoglobin (HbF), dessen Kinetik innerhalb von 6 bis 7 Monaten nach der Geburt dokumentiert ist (Gustin et al., 1997), wenn es durch die bei Adulten vorkommenden Varianten HbA und HbB ersetzt wird.

Die bemerkenswerte Variationsbreite des HbF-Schwundes bei Kälbern ist bisher wenig erklärt und dessen Auswirkung bei der  $O_2$ -Versorgung der Gewebe wenig untersucht worden. Der in fetalen Rindererythrozyten in sechsmal höherer Konzentration vorhandene allosterische Modulator DPG (Gustin et al., 1997; Studzinski und Czarnacki, 1980) erhöht die  $O_2$ -Affinität des HbF gegenüber dem adulten Hämoglobinmolekül bei entsprechenden physiologischen Konzentrationen und Temperaturen, und es unterscheidet sich auch die Enthalpie für die  $O_2$ -Bindung, was beim Wärmeaustausch zwischen Fetus und Muttertier eine Rolle spielen könnte (Clementi et al. 1996), für die  $O_2$ -Utilisierung fetaler Gewebe vorteilhaft, für diejenige Neugeborener nachteilig ist. Kälber haben in den ersten postnatalen Lebenstagen und -wochen infolge unterschiedlicher Entwicklungsqualität und Geburtsverläufe beträchtlich variierende Konzentrationsmaße (Hb und Hk) und wahrscheinlich auch Erythrozytenmassen und -qualitäten (Steinhardt et al., 1994; 1996a,b). Komplizierte Geburtsverläufe behindern die placentofetale Transfusion, wodurch den Neugeborenen eine beträchtliche Blutmenge, die in der Placenta verbleibt, nicht zur Verfügung steht. Größere KM männlicher Kälber und damit verbundene Eingriffe bei dem Geburtsvorgang können zu einer Häufung der Erscheinung bei diesen Tieren führen. Männliche Kälber hatten gesichert kleinere Hb und Hk (Steinhardt et al., 1994), zuverlässige Angaben über Blutmengen bei männlichen und weiblichen Kälbern liegen bisher nicht vor. Die Regulation eines optimalen Hk wird langfristig überwiegend durch Änderungen des Plasmavolumens vermittelt (Birchard, 1997).

Die Anpassung der  $O_2$ -Transportkapazität des Blutes in den ersten Lebenswochen stellt hohe Anforderungen an die Erythropoese und Hämoglobinbildung, die häufig durch Mangel an essentiellen Stoffen und Dyserythropoese nur unvollständig erfolgen. Für die Anpassung der Kreislauf- und Sauerstoffversorgungsfunktion bei inadäquater Erythrozytenbildung können mehrere Mechanismen genutzt werden (Hebert et al., 1997).

Bei jugendlichen Organismen wird das Herzminutenvolumen bereits bei Hb von 10-11 g/dl vergrößert gegenüber Zuständen mit höheren Hb-Werten. Hohe HF bei Kälbern können zum Teil durch geringe Sauerstofftransportkapazität und Besonderheiten der Sauerstoffbindung des Blutes erklärt werden.

Die Effektivität der Thermoregulation und die Qualität der Entwicklung von Organen wie der Lunge sind mit dem Stoffwechsel der Schilddrüsenhormone eng verbunden (Bird et al., 1998; Gunn und Gluckman, 1995;

Symonds, 1995; Symonds et al. 1995a,b; 1996a,b; Warburton und Oliver, 1997).

Postnatales Wachstum und Entwicklung von Organen sowie Verhaltenscharakteristika werden durch den Schilddrüsenhormonmetabolismus beeinflusst, der auch bei Kälbern in den ersten Lebenswochen beträchtlichen Änderungen unterliegt (Alscher, 1989; Grünberg, 1996; Vermorel et al., 1989). Ab einem Alter von etwa 14 Tagen wird ein stabiles Niveau erreicht, welches höher liegt als jenes bei Muttertieren. Auf größere interindividuelle Variationen ist hingewiesen (Hart et al., 1981), und größere  $T_4$ -Werte bei weiblichen gegenüber männlichen Kälbern sind festgestellt worden (Gronget et al., 1985; Grünberg, 1996; Kahl et al., 1977; Steinhardt et al., 1996a,b). Unterschiede der Mittelwerte bei den Geschlechtern traten an den  $T_4$ - und  $FT_4$ -Werten deutlicher hervor als an den  $T_3$ - und  $FT_3$ -Werten. Ein Zusammenhang mit dem bei weiblichen Kälbern nachgewiesenen größeren Schilddrüsengewicht liegt nahe (Steinhardt et al., 1992; 1993). Unterschiede der Schilddrüsenmasse waren bei Kälbern aus Kühen noch stärker ausgeprägt als bei solchen aus Primigravidae. Hernandez et al. (1972) fanden bei Holstein Friesian-Färsen signifikant höhere  $T_4$ -Werte bei weiblichen gegenüber männlichen Feten während aller drei Trimester der Gravidität. Bei adulten Probanden mit unterschiedlichen Schilddrüsenfunktionsstatus ließ sich eine Beziehung zwischen  $T_3$ -Konzentration und Herzschlagfrequenz ( $r = 0,54$ ,  $y = 4,05 T_3 + 65,96$ , Gallo e et al., 1993) sowie zwischen sympathischer Nerventätigkeit des Muskels, die in die Blutdruckregulation einbezogen ist, und der  $FT_3$ -,  $FT_4$ - und auch der TSH-Konzentration des Blutes nachweisen (Matsukawa et al., 1993). Die sympathische Nervenaktivität ist erhöht bei hypothyroiden (erhöhte arterielle und venöse Noradrenalin-konzentration, Manhem et al., 1992) und verringert bei hyperthyroiden Individuen. Bei Labortieren erhöhte Behandlung mit  $T_3$  die Körpertemperatur und die lokomotorische Aktivität sowie auch die HF (Johansson und Thoren, 1997). Zwischen der Konzentration von  $T_3$  und der Herzschlagfrequenz ( $r = 0,798$ ;  $y = 0,015x + 123,7$ ) und zwischen derjenigen von  $T_4$  und der Herzschlagfrequenz ( $r = 0,942$ ;  $y = 2,75x + 83,6$ ) konnten bei Saugkälbern gesicherte Korrelationen nachgewiesen werden (Steinhardt et al., 1995).

Die bei den Alters- und Geschlechtergruppen vorhandenen Unterschiede der Verteilung physiologischer Variablen bleiben während und nach der Transportbelastung bestehen, so daß auch für die Änderungen der Variablen durch Transport nur in wenigen Fällen (Gesamtprotein TK8-15, Noradrenalin TK3-7,  $FT_4$  SK8-15) an den Mittelwerten Unterschiede zwischen den Geschlechtergruppen nachzuweisen waren. Die Herztätigkeit besitzt bei einem individualspezifischen körperlichen Entwicklungs- und Aktivitätsniveau und gegebenen Umgebungsbedingungen eine bestimmte Regelbreite, in welcher sie durch die Herznerven und die Transmitter aus anderen Geweben in die Gesamtkörperreaktion eines Individuums integriert wird. Gegen-

über dem Herzschlagvolumen besitzt die HF eine größere Variationsbreite, und sie bestimmt im wesentlichen die Förderleistung des Herzens (Herzminutenvolumen, HMV) und damit auch den Sauerstofftransport zu den Geweben. Die HF wird durch myogene (Sinusknoten) und neurohumorale Mechanismen (sympathische und parasympathische Aktivitäten) reguliert. Variationen der HF haben bei wachsenden und adulten Tieren viele Typen der Periodizität wie circadiane und ultradiane Rhythmen und offenbaren dadurch die Variabilität der Effekte sympathischer und parasympathischer Aktivität, deren wechselseitige Beeinflussung am Herzen komplizierter ist als bisher angenommen wurde (Levy, 1995). Circadiane Rhythmen der HF und auch des Blutdruckes gehen konform mit den Wachzuständen (Arousal, Vigilanz) und Aktivitätsperioden der Tiere (Matsui et al., 1994; Sato et al., 1995; Yamaya et al., 1994). Die Erfassung und Erkennung solcher Rhythmen setzt möglichst geringe Störungen der gewohnten Tier-Umwelt-Beziehung und der Funktionsabläufe im Tier voraus (Sato et al., 1995; Spodick, 1980), wie das in der vorliegenden Arbeit möglich war. Ursachen kurzzeitiger Variabilität der HF können klassifiziert werden in zwei Typen: (1) Änderungen durch Verhalten wie Nahrungs- und Wasseraufnahme, Laufen, passives Meiden, Sozialkontakt, Spielen und (2) emotionale oder neurale Änderungen unabhängig von Körperbewegungen, die komplexer Natur sind.

Dies weist darauf hin, daß Begriffe wie „Ruhe-HF“ und selbst „HF“ genauer zu definieren sind, was insbesondere in vergleichenden Untersuchungen, bei solchen zur Belastungsphysiologie von Nutztieren (Cook und Jacobson, 1996; Jacobson und Cook, 1996) und bei der Nutzung der HF in Verbindung mit Verhaltensstudien an Tieren notwendig ist.

Bei Kälbern sind mit den Aktivitätsperioden in den ersten Lebenswochen vorrangig das Training motorischer Funktionen (Lauf- und Spielreaktionen) sowie maternaler Kontakt und Nahrungsaufnahme verbunden. Aktivierung sympathischer nervaler Funktionen mit Hypertension und HF-Steigerung ist bei Jungtieren vieler Species während der Milchernährungsperiode auch bei Nahrungsaufnahme festgestellt worden (Bloom et al., 1975; Bowman et al., 1997; Ermgassen, 1996).

HF-Steigerungen beim Verladen der Tiere sind auf Erregungssteigerung und körperliche Aktivität zurückzuführen, diejenigen bei Kälbern auf dem stehenden Transportfahrzeug können mehr mit Erregungssteigerungen und Orientierungsreaktionen in Verbindung gebracht werden, da körperliche Aktivitäten größeren Ausmaßes hier nicht möglich waren. Erregungssteigerungen durch Stimulation von Extero- und Propriozeptoren sowie statische und dynamische Muskeltätigkeit zur Erhaltung und Korrektur der Körperstellung im Transportbeginn führen zu erhöhten HF-Werten bei Kälbern in diesem Zeitbereich des Transportes. Stärkere interindividuelle Variationen der HF während des Transportes (**Abbildungen 6 und 7, Anhang**) deuten darauf hin, daß weitere Faktoren wie Entwicklungsqualität neuromuskulärer Körperbestandteile sowie peripherer und

zentraler chemorezeptiver Komponenten der Regulation größere Einflüsse auf die HF haben können.

Bemerkenswert ist die Feststellung, daß die Konzentrationen von Hormonen mit einer großen Turnoverrate wie Noradrenalin und Adrenalin an den Untersuchungspunkten U1, U2, U3 in vielen Fällen Korrelationen aufwiesen und daß die Änderungen derselben nach Transport von den Ausgangswerten abhängig waren. Für die Cortisolkonzentration konnten in einzelnen Fällen schwache Beziehungen nachgewiesen werden. Auffallend waren kleinere Plasmacortisolkonzentrationen bei SK gegenüber TK vor und nach Transport in den Altersgruppen (**Abbildungen 2 bis 5, Anhang**). Bei experimentellen körperlichen Belastungen von Kälbern im Alter von 5 bis 8 Monaten waren Katecholaminkonzentrationen und respiratorische Variablen meistens oder ausschließlich durch den Grad der physischen Aktivität bestimmt, während Änderungen von Insulin, T<sub>3</sub>, Glukose und Protein mehr durch individuelle Komponenten als durch Belastung beeinflusst wurden (Blum und Eichinger, 1988). Die auffallend großen Variationen der Glukosekonzentration bei Kälbern im Alter von 2 bis 3 Wochen lassen keinen gerichteten Effekt durch Transportbelastung erkennen. Bei transportierten Kälbern ist Hypoglykämie gefunden (Hartmann et al., 1973; Dantzer, 1982; Mormede et al., 1982) und mit dem Energiebedarf während des Transportes, dem Fasten während sowie der beschränkten Nahrungsaufnahme vor und nach Transport in Verbindung gebracht worden. Derartige Faktoren können bei länger andauernden Transporten von Bedeutung sein. Über die Blutglukoseregulation bei hypoxischen Kälbern in den ersten Lebenswochen ist wenig bekannt. Bei Neugeborenen (6 bis 11 Std. post partum) ist die Insulinresistenz hypoxischer Tiere mit Hyperglykämie und Änderungen des Umsatzes endokriner Metaboliten verbunden (Cheng et al., 1997). Dies läßt eine besonders vorsichtige Einschätzung der Variabilität der Glukosekonzentration im Blut auch bei Tieren in den ersten Lebenswochen notwendig erscheinen, da hypoxische Situationen in diesem Alter häufiger vorkommen können. Größere interindividuelle Variationen von Wachstumshormonen, Insulin und Thyroxin bei weiblichen Tieren in den ersten 3 Lebenswochen sind bekannt (Hart et al., 1981). Bei 4 bis 6 Wochen alten Kälbern ist eine verstärkte insulinabhängige Utilisierung der Glukose bei Tieren mit Eisenmangel nachgewiesen worden (Hosteller-Allen et al., 1993).

Die Cortisolkonzentration des Blutes ist eine orientierende, jedoch keine zuverlässige Variable für die Einschätzung des Belastungsgrades der Kälber. Individuelle Variationen derselben, die in den Kälbergruppen unterschiedliche Ausmaße haben, insbesondere nach Transport und Entladen, stehen einerseits mit der episodischen Freigabe des Cortisols aus der NNR in Verbindung, sind jedoch auch ein Ausdruck der individuell unterschiedlichen Entwicklungsqualität und Reaktionsweise der Tiere bei einem Transportvorgang insbesondere hinsichtlich der Cortisoldisposition. Die mit Anpassungsvorgängen verbundene Reaktivi-

tät des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems, die Qualität der Cortisoldisposition und die Dynamik der Konzentrationsänderung sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Im Blut ändert sich das Verhältnis von Gesamtcortisol zu freiem Cortisol pro Volumeneinheit in Abhängigkeit von der Konzentration und den Bindungseigenschaften des cortisolbindenden Globulins (CBG), ein Glykoprotein, das Cortisol mit großer Affinität, jedoch geringer Kapazität bindet (Rosner, 1991), und auch in Abhängigkeit von Konzentration und Qualität der Albumine im Blut, die es mit geringer Affinität und großer Kapazität binden. Menge und Verteilung dieser Proteine im Körper sowie physikalisch-chemische Bedingungen bestimmen vor allem die Disposition und Verfügbarkeit des in Perioden produzierten und freigegebenen Cortisols. Die Konzentration von CBG ist im Adaptationszustand bei einem Tier dem Variationsbereich der Cortisolfreisetzung aus der NNR angepaßt. CBG kommt in verschiedenen Körpergeweben vor, und seine Konzentration im Blut wird bei akuter Belastung ausreichender Intensität verringert (Marti et al., 1997). Angaben zum CBG und zur Cortisoldisposition bei Rindern sind kaum vorhanden (Gayraud et al., 1996). Konzentration und Menge der intravasalen Proteine und speziell auch der Albumine sind bei SK größer als bei TK, und die Cortisolkonzentrationen sind bei ersteren kleiner als bei letzteren. Unterschiedliche Bindungsorte und -eigenschaften von Albuminen bei verschiedenen Tierarten sind nachgewiesen worden (Kosa et al., 1997; Rashid et al., 1998). Es ist davon auszugehen, daß die intravasale Proteinmenge und deren Eigenschaften bei dem Verteilungsvolumen des Cortisols eine größere Rolle spielt und in Verbindung mit Kreislaufzeit und Blutflußverteilung Effekte auf die Disposition des Cortisol haben kann. Bent-Hansen (1997) fand 10 bis 20 mal größere transendotheliale Albuminfluxe, als sie bei Einschätzungen aus dem Lymphrückstrom erreicht wurden.

Der Anteil des freien Cortisol ändert sich bei verschiedenen Produktionsraten und -konzentrationen des Cortisol im Blut (Aardal und Holm, 1995) und auch in Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bedingungen (Obminski und Stupnicki, 1996; Haourigui et al., 1993). Durch Heparin induzierte Lipolyse führte bei Ratten zu einem Anstieg der Freien Fettsäuren (FFS) und zu einer zwei- bis dreifachen Steigerung der Corticosteronbindung an CBG. Die Corticosteronbindung des Albumins von Kaninchen vergrößerte sich dosisabhängig bei ansteigenden FFS-Konzentrationen, und bei Lagomorphen verursacht FFS-Freisetzung kurzzeitige Steigerungen der Steroidbindung (Boonstra und Tinnikov, 1998). Im Speichel ist eine Konzentration des Cortisols nachzuweisen, die in enger Beziehung zu dem freien Cortisol im Blut steht. Angaben über Korrelationen des Cortisols im Blut und Speichel weisen eine größere Variation auf (Cook und Jacobson, 1995), woran die Entnahmebedingungen der Blut- und Speichelproben und die Bedingungen für den Übergang des Cortisols in den Speichel beteiligt sein können.

Geringere Cortisolkonzentrationen im Speichel bei jüngeren Kälbern nach Transport wurden als schwächere Belastungsreaktion gewertet (Fell und Shutt, 1986), stehen jedoch wahrscheinlich in einem Zusammenhang mit der Cortisoldisposition.

## Zusammenfassung

Saugkälber der Mutterkuhhaltung und Milchrindkälber wurden in den ersten 3 Lebenswochen einer einheitlich vorgenommenen Transportbelastung ausgesetzt. Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz wurden mit Punktmessungen von Körpergewicht, Körpertemperatur und Blutentnahmen vor und nach Transport kombiniert angewendet. In den Blutproben wurden Säure-Basen-Status sowie hämatologische, metabolische und hormonelle Variablen bestimmt. Analysen wurden in den Aufzuchtvarianten nach Altersgruppen und Geschlecht vorgenommen. In den Altersgruppen wurden Geschlechtsunterschiede bei den Schilddrüsenhormonen, Katecholaminen und der Herzschlagfrequenz offensichtlich, und zwar besonders bei den Saugkälbern. Körpertemperatur, Cortisol und in den meisten Fällen auch Laktat und Glukose waren nach Transport vergrößert. Änderungen der Körpertemperatur und der Katecholaminkonzentration nach Transport waren vom Ausgangswert abhängig. Die Regressionsanalyse ließ Änderungen der Schilddrüsenhormonkonzentrationen nach Transport bei 8 bis 15 Tage alten Kälbern erkennen. Die Herzschlagfrequenz war höher bei Saugkälbern als bei Milchrindkälbern und bei weiblichen Saugkälbern höher als bei männlichen. Während des Transportes variierte die Herzschlagfrequenz bei Milchrindkälbern mehr als bei Saugkälbern.

## Gender specific development of physiological variables in calves during early growth period and reactions of animals to transport by road

Suckler calves from the mother cow herd and group reared dairy calves fed with milk replacer by way of an automatic feeder were exposed to short haul transport by road at first weeks of postnatal life. Long lasting measurements by way of heart rate recording, body temperature and body weight and blood sampling before and just after finishing transport and in the morning of the next day as well were used assessing development quality and the strain and adaptation of male and female calves at 3 to 7 days, 8 to 15 days and more than 15 days of postnatal age. Blood samples were analyzed for acid base balance, gas content, haemoglobin derivatives and haemoglobin variants, protein, metabolites, minerals, noradrenaline, adrenaline, thyroid hormones and cortisol. Mean value differences of metabolic, haematological and hormonal variables could be found more frequent and more obvious between age and rearing groups than between gender groups. Within age groups gender specific differences were obvious for thyroid hor-

mones, noradrenaline, adrenaline and heart rate especially in suckler calves. Rectal temperature, cortisol, and in most cases lactate and glucose were increased after transport stress. Loss of body weight increased with age of calves and was more pronounced in suckler calves than in dairy calves. Changes of body temperature and of noradrenaline and adrenaline concentration after transport had strong relationships with the before transport starting values. Changes of variables among one another after transport had strong relationships within groups the frequency and degree of which was different between age and gender groups. Regression analysis of before to after transport values showed changes in thyroid hormones concentration after transport in calves of 8 to 15 days of age. Heart rate was higher in suckler calves than in dairy calves, and in female suckler calves it was higher than in male suckler calves. During transport heart rate variation of dairy calves was more pronounced comparing that one of suckler calves.

## Literatur

- Aardal, E. and Holm, A.-C. (1995): Cortisol in saliva - reference ranges and relation to cortisol in serum. - *Eur. J. Chem. Biochem.* 33, S.927-932.
- Abouzite, M., Aldaker, M. B., Fellat, S., Sahibi, H. and Baddouri, Kh. (1997): Développement post-natal du pouvoir de concentration rénal, du système rénine-angiotensine et des hormones corticostéroïdiennes chez le veau. - *Reprod. Nutr. Deve.* 37, S. 285-292.
- Alscher, B. (1989): Einfluß der normalen Geburt auf den thyroïdalen Status neugeborener Kälber und deren Mütter. - *Vet. med. Diss. Gießen.*
- Amit, T., Dibner, C. and Barkey, R. J. (1997): Characterization of prolactin- and growth hormone-binding proteins in milk and their diversity among species. - *Molecular Cellular Endocrinol.* 130, S. 167-180.
- Bent-Hansen, L. (1997): Whole body capillary exchange of albumin. - *Danish Medical Bulletin* 44 (1), S. 40-53.
- Bird, J. A., Clarke, L. and Symonds, M. E. (1998): Influence of thyrotropin-releasing hormone on thermoregulation in newborn lambs. - *Biol. Neonate* 73, S. 52-59.
- Birchard, G. F. (1997): Optimal hematocrit: Theory, regulation and implications. - *Amer. Zool.* 37, S. 65-72.
- Bloom, S. R., Edwards, A. V., Hardy, R. N., Malinowskja, K. W. and Silver, M. (1975): Cardiovascular and endocrine responses to feeding in the young calf. - *J. Physiol. Lond.* 253, S. 135-155.
- Blum, J. W. and Eichinger, H. (1988): Epinephrine and norepinephrine related to cardiorespiratory and metabolic changes in calves during physical exercise. - *Horm. meatbol. Res.* 20, S. 738-742.
- Boonstra, R. and Tinnikov, A. (1998): Increased corticosteroid binding capacity of plasma albumin but not of corticosteroid-binding globulin caused by ACTH-indu-

- ced changes in free fatty acid concentrations in snowshoe hares and rabbits. - *J. Endocrinol.* 156, S. 205-212.
- Bowman, E. C. J., Roderick, G. P., Bloom, S. R. and Edwards, A. V. (1997): Role of adrenoceptors in the hypertensive response to feeding in the conscious calf. - *Am. J. Physiol.* 272 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 41), S. R607-R614.
- Cabello, G. and Michel, M. C. (1977): Composition of blood plasma (calcium, phosphorus, magnesium, proteins) during the neonatal period in the calf. Influence in the state of health. - *Ann. Rech. Vét.* 8, S. 203-211.
- Calder, N. A., Kumar, P. and Hanson, M. A. (1997): Development of carotid chemoreceptor dynamic and steady-state sensitivity to CO<sub>2</sub> in the newborn lamb. - *J. Physiol.* 503, S. 187-194.
- Canet, E., Kianicka, I. and Praud, J.-P. (1996): Postnatal maturation of peripheral chemoreceptor ventilatory response to O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in newborn lambs. - *J. Appl. Physiol.* 80, S. 1928-1933.
- Cheng, N., Cai, W., Jiang, M. and Wu, S. (1997): Effect of hypoxia on blood glucose, hormones, and insulin receptor functions in newborn calves. - *Pediatric Res.* 41, S. 852-856.
- Clementi, M. E., Scatena, R., Mordente, A., Condo, S. G., Castagnola, M. and Giardina, B. (1996): Oxygen transport by fetal bovine hemoglobin. - *J. Mol. Biol.* 255, S. 229-234.
- Cole, N. A., Camp, T. H., Rowe, L. D., Stevens, D. G. and Hutcheson, D. P. (1988): Effect of transport on feeder calves. - *Am. J. Vet. Res.* 49 (2), S. 178-183.
- Cook, C. J. and Jacobson, L. H. (1995): Salivary cortisol as an indicator of stress in sheep. - *N. Z. Vet. J.* 43, S. 248.
- Cook, C. J. and Jacobson, L. H. (1996): Heart rate as a measure of adaptation to stress in cattle. - *Aust. Vet. J.* 74 (6), S. 471-472.
- Dantzer, R. (1982): Research on farm animal transport in France: A survey. - In: Moss, R.: *Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter*, Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science 18, Martinus Nijhoff, The Hague, S. 218-231.
- Dauncey, M. J. (1997): From early nutrition and later development.. to underlying mechanisms and optimal health. - *Brit. J. Nutr.* 78, Suppl. 2, S. 113-123.
- Donovan, S. M., Mar, M.-H. and Zeisel, S. H. (1997): Choline and choline ester concentrations in porcine milk throughout lactation. - *J. Nutr. Biochem.* 8, S. 603-607.
- Ermgassen, K. (1996): Untersuchungen zur Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. - *Vet. med. Diss. Leipzig.*
- Fell, L. R. and Shutt, D. A. (1986): Adrenocortical response of calves to transport stress as measured by salivary cortisol. - *Can. J. Anim. Sci.* 66, S. 637-641.
- Galloe, A. M., Rolff, M., Nordin, H., Ladefoged, S. D. and Mogensen, N. B. (1993): Cardiac performance and thyroid function. - *Danish Med. Bull.* 40, S. 492-495.
- Gayraud, V., Alvinerie, M. and Toutain, P. L. (1996): Interspecies variation of corticosteroid-binding globulin parameters. - *Dom. Anim. Endocrinol.* 13, S. 35-45.
- Goff, J. P., Horst, R. L. and Littledike, E. T. (1982): Effect of the maternal vitamin D status at parturition on the vitamin D status of the neonatal calf. - *J. Nutr.* 112, S. 1387-1393.
- Grongnet, J. F., Grongnet-Pinchon, E. and Witowski, A. (1985): Neonatal levels of plasma thyroxine in male and female calves fed a colostrum or immunoglobulin diet or fasted for the first 28 hours of life. - *Reprod. Nutr. Develop.* 25, S. 537-543.
- Grünberg, W. (1996): Untersuchung zur Eignung der Rinderrasse Deutsche Schwarzbunte (DSB) für eine ganzjährige Außenhaltung in besonderer Berücksichtigung der Abkalbung. - *Vet. med. Diss. Hannover.*
- Gunn, T. R. and Gluckman, P. D. (1995): Perinatal thermogenesis. - *Early Human Developm.* 42, S. 169-183.
- Gustin, P., Detry, B., Robert, A., Cao, M. L., Lessire, F., Cambier, C., Katz, V., Ansay, M., Frans, A. and 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.
- Haourigui, M., Martin, M. E., Thobie, N., Benassayag, C. and Nunez, E. A. (1993): Stimulation of the binding properties of adult rat corticosteroid-binding globulin by a lipolysis-induced rise in plasma free fatty acids. - *Endocrinology* 133, S. 183-191.
- Hart, I. C., Morant, S. V. and Roy, J. H. B. (1981): A note on the variability of hormone concentrations in twice-weekly blood samples taken from heifer calves during the first 110 days of life. - *Anim. Prod.* 32, S. 215-217.
- Hartmann, H., Meyer, H., Steinbach, G., Finger, B. (1973): Zur Reaktion des Kälberorganismus auf Transportbelastungen. - *Mh. Vet. med.* 28, SD. 647-651.
- Hebert, P. C., Qun Hu, L. and Biro, G. P. (1997): Review of physiologic mechanisms in response to anemia. - *Can. Med. Assoc. J.* 156, 11 Suppl., S. 527-540.
- Hernandez, M. V., Etta, K. M., Reineke, E. P., Oxender, W. D. and Hafs, H. D. (1972): Thyroid function in the prenatal and neonatal bovine. - *J. Anim. Sci.* 34, S. 780-785.
- Hosteller-Allen, R., Tappy, L. and Blum, J. W. (1993): Enhanced insulin-dependent glucose utilization in iron-deficient veal calves. - *J. Nutr.* 123, S. 1656-1667.
- Jacobson, L. H. and Cook, C. J. (1996): Heart rate response as a measure of stress and welfare in cattle. - *Proc. New Zealand Soc. Animal Prod.* Vol. 56, S. 103-106.
- Johansson, C. and Thoren, P. (1997): The effect of triiodothyronine (T<sub>3</sub>) on heart rate, temperature and ECG measured with telemetry in freely moving mice. - *Acta Physiol. Scand.* 160, S. 133-138.
- Kahl, S., Wrenn, T. R. and Bitman, J. (1977): Plasma triiodothyronine and thyroxine in young growing calves. - *J. Endocrinol.* 73, S. 397-398.

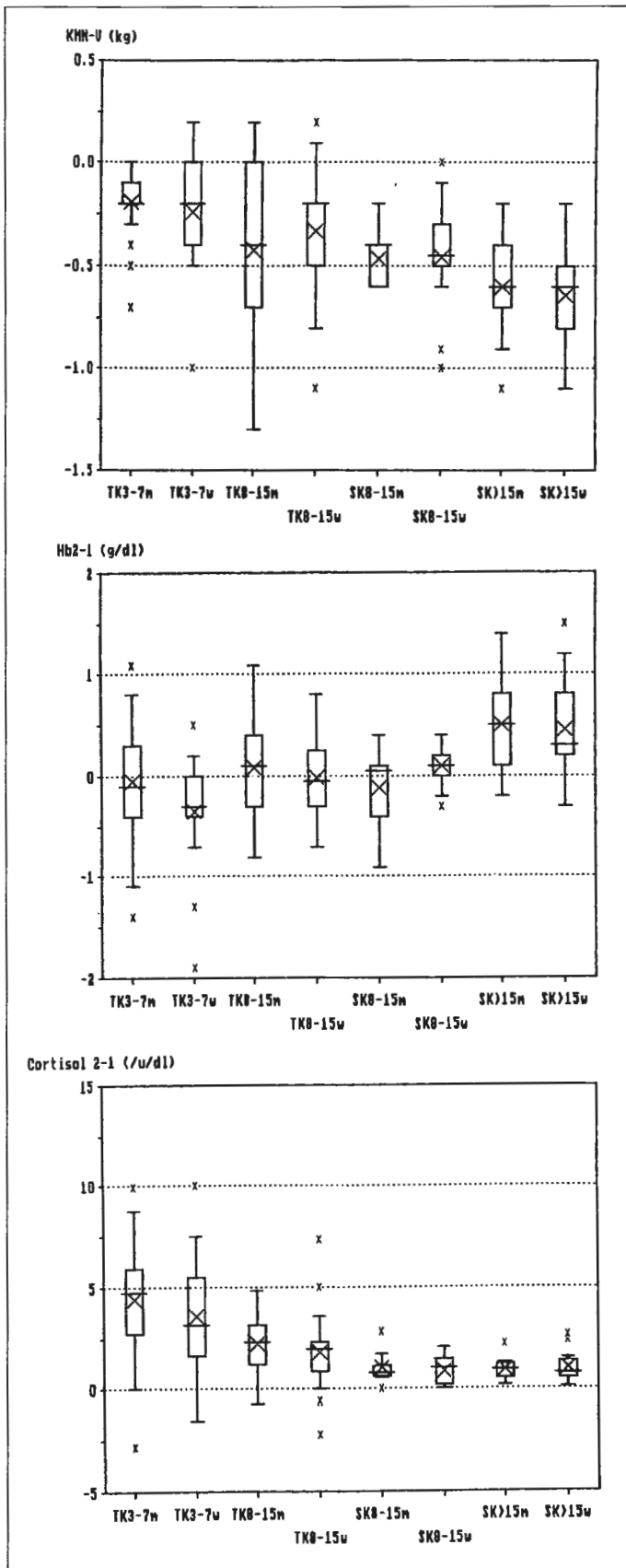


- Kent, J. E. (1997): Stress in transported sheep. - *Comp. Haematol. Internat.* 7, S. 163-166.
- Kling, P. J., Sullivan, T. M., Roberts, R. A., Philipps, A. F. and Koldovsky, O. (1998): Human milk as a potential enteral source of erythropoietin. - *Paediatr. Res.* 43, S. 216-221.
- Koldovsky, O. (1995): Do hormones in milk affect the function of the neonatal intestine? - *Amer. Zool.* 35, S. 446-454.
- Koldovsky, O. and Thornburg, W. (1987): Hormones in milk. - *J. Pediatric Gastroenterol. Nutr.* 6, S. 172-196.
- Kosa, T., Maruyama, T. and Otagiri, M. (1997): Species differences of serum albumins: I. Drug binding sites. - *Pharmaceutical Res.* Vol. 14 (11), S. 1607-1612.
- Kurz, M. M. and Willet, L. B. (1991): Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 2109-2118.
- Lay, D. C. Jr., Randel, R. D., Friend, T. H., Carroll, J. A., Welsh, T. H. Jr., Jenkins, O. C., Neuendorff, D. A., Bushong, D. M. and Kapp, G. M. (1997): Effects of prenatal stress on the fetal calf. - *Dom. Anim. Endocrinol.* 14, S. 73-80.
- Lechowski, R. (1997): The influence of metabolic acidosis in new-born calves on biochemical profile of the liver. - *Comp. Haematol. International* 7, S. 172-176.
- Levy, M. N. (1995): Neural control of the heart: The importance of being ignorant. - *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 6, S. 283-293.
- Manhem, P., Brammert, M., Hallengren, B., Lecerof, H. and Werner, R. (1992): Increased arterial and venous plasma noradrenaline levels in patients with primary hypothyroidism during hypothyroid as compared to euthyroid state. - *J. Endocrinol. Invest.* 15, S. 763-765.
- Marti, O., Martin, M., Gavaldà, A., Giralt, M., Hidalgo, J., Hsu, B. R.-S., Kuhn, R. W. and Armario, A. (1997): Inhibition of corticosteroid-binding globulin caused by a severe stressor is apparently mediated by the adrenal but not by glucocorticoid receptors. - *Endocrine* 6 (2), S. 159-164.
- Martin, G. S., Carstens, G. E., Taylor, T. L., Sweatt, C. R., Eli, A. G., Lunt, D. K. and Smith, S. B. (1997): Parturition protein restriction does not alter norepinephrine-induced thermogenesis or brown adipose tissue function in newborn calves. - *J. Nutr.* 127, S. 1929-1937.
- Matsukawa, T., Mano, T., Gotoh, E., Minamisawa, K. and Ishii, M. (1993): Altered muscle sympathetic nerve activity in hyperthyroidism and hypothyroidism. - *J. Auton. Nerv. Syst.* 42, S. 171-176.
- Matsui, K., Sugano, S. and Sawasaki, T. (1994): Relationships between diurnal variation in R-R interval and feeding behavior in the horse. - *J. Equine Sci.* 5, S. 131-135.
- Mormede, P., Soissons, J., Bluthe, R. M., Raoult, J., Legarff, G., Levieux, D. and Dantzer, R. (1982): Effect of transportation on blood serum composition, disease incidence and production traits in young calves. Influence of the journey duration. - *Ann. Rech. Vet.* 13, S. 369-384.
- Morovat, A. and Dauncey, M. J. (1998): Effects of thyroid status on insulin-like growth factor-I, growth hormone and insulin are modified by food intake. - *European J. Endocrinol.* 138, S. 95-103.
- Mortola, J. P. and Lanthier, C. (1996): The ventilatory and metabolic response to hypercapnia in newborn mammalian species. - *Respiration Physiol.* 103, S. 261-270.
- Moss, T. J., Jakubowska, A. E., McCrabb, G. J., Billings, K. and Harding, R. (1995): Ventilatory responses to progressive hypoxia and hypercapnia in developing sheep. - *Respiration Physiology* 100, S. 33-44.
- Obminski, Z. and Stupnicki, R. (1996): Effect of temperature and pH on the magnitude of the free fraction of cortisol in serum. - *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes* 104, S. 350-352.
- Ogaki, T., Saito, A., Kanaya, S. and Fujino, T. (1995): Plasma sulpho-conjugated catecholamine dynamics up to 8 h after 60-min exercise at 50 % and 70 % maximal oxygen uptakes. - *Eur. J. Appl. Physiol.* 72, S. 6-11.
- Perez Fontan, J. J., Kinloch, L. P. and Donnelly, D. F. (1998): Integration of bronchomotor and ventilatory responses to chemoreceptor stimulation in developing sheep. - *Respiration Physiol.* 111, S. 1-13.
- Rashid, H., Muzammil, S. and Tayyab, S. (1998): Comparison of bilirubin binding and other molecular properties of the serum albumin of several mammalian species. - *Bioch. Molecul. Biol. Intern.* 44 (1), S. 165-173.
- Rosner, W. (1991): Plasma steroid-binding proteins. - *Endocrinol. Metab. Clin. North Am.* 20, S. 697-720.
- Sato, K., Chatani, F. and Sato, S. (1995): Circadian and short-term variabilities in blood pressure and heart rate measured by telemetry in rabbits and rats. - *J. Auton. Nerv. Syst.* 54, S. 234-246.
- Schwartz, J. and Rose, J. C. (1998): Development of the pituitary-adrenal axis in fetal sheep twins. - *Am. J. Physiol.* 274 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 43), S. R1-R8.
- Sgoifo, A., De Boer, S. F., Haller, J. and Koolhaas, J. M. (1996): Individual differences in plasma catecholamine and corticosterone stress responses of wild-type rats: Relationship with aggression. - *Physiol. Behav.* 60, S. 1403-1407.
- Spodick, D. H. (1980): Physiologic and prognostic implications of invasive monitoring. - *Am. J. Cardiol.* 46, S. 173-175.
- Steinhardt, M., Büniger, U., Langanke, M., Fiebig, U. und Gollnast, I. (1992): Geburtsmassen und Maße einiger Körperteile totgeborener Kälber einer großen Milchrindherde. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 99, S. 454-458.
- Steinhardt, M., Büniger, U., Langanke, M., Fiebig, U. und Gollnast, I. (1993): Bemerkungen zum Reifegrad totgeborener Kälber. - *Tierärztl. Prax.* 21, S. 201-208.

- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, T., von Horn, R., Ermgassen, K., Ladewig, J. und Smidt, D. (1994): Bemerkungen zur Hämoglobinkonzentration des Blutes bei Milchrindern verschiedener Rassen und bei ihren Nachkommen im peripartalen Zeitraum. - *Tierärztl. Prax.* 22, S. 129-135.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, T., von Horn, R. und 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, S. 430-434.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Dehn, H., von Horn, T., von Horn, R. und Smidt, D. (1996a): Hämoglobinkonzentration des Blutes neugeborener Kälber. Einflüsse des Alters des Muttertieres, der Haltungsbedingungen und des Geburtsverlaufes. - *Landbauforschung Völkenrode* 46, S. 84-94.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, T., von Horn, R., Ermgassen, K. und Smidt, D. (1996b): Schilddrüsenhormone bei Milchrindkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen. Variationsbreite, maternofetale Beziehungen und individualspezifische Reaktionsformen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 103, S. 136-141.
- 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.
- Studzinski, T. and Czarnecki, A. (1980): Postnatal changes in 2,3 diphosphoglycerate (2,3-DPG) content of calf erythrocytes. - *Acta Physiol. Pol.* 31, S. 357-363.
- Symonds, M. E. (1995): Pregnancy, parturition and neonatal development: interactions between nutrition and thyroid hormones. - *Proc. Nutr. Soc.* 54, S. 329-343.
- Symonds, M. E., Andrews, D. C., Buss, D. S., Clarke, L., Darby, C. J., Johnson, P. and Lomax, M. A. (1995a): Environmental effects on thermoregulation and breathing patterns during early postnatal development in hand-reared lambs. - *Exper. Physiol.* 80, S. 779-792.
- Symonds, M. E., Bird, J. A., Clarke, L., Gate, J. J. and Lomax, M. A. (1995b): Nutrition, temperature and homeostasis during perinatal development. - *Exper. Physiol.* 80, S. 907-940.
- Symonds, M. E. and Clarke, L. (1996a): Influence of thyroid hormones and temperature on adipose tissue development and lung maturation. - *Proc. Nutr. Soc.* 55, S. 561-569.
- Symonds, M. E., Andrews, D. C., Buss, D. S., Clarke, L. and Lomax, M. A. (1996b): Influence of rearing temperature on lung development following methimazole treatment of postnatal lambs. - *Exper. Physiol.* 81, S. 673-683.
- Taylor, J., Weyers, P., Harris, N. and Vogel, W. H. (1989): The plasma catecholamine stress response is characteristic for a given animal over a one-year period. - *Physiol. Behav.* 46, S. 853-856.
- Teitel, D. F. (1996): Fetal chemoreception: a developing story. - *Reprod. Fertil. Dev.* 8, S. 471-482.
- Tong, S., Ingenito, S., Frasier, I. D., Sica, A. L., Gootman, N. and Gootman, P. M. (1997): Effects of cardiac autonomic imbalance on postnatal changes in the electrocardiographic Q-T interval in conscious swine. - *J. Autonmic Nervous System* 64, S. 162-165.
- Torrance, S. M. and Wittnich, C. (1994): Blood lactate and acid-base balance in graded neonatal hypoxia: evidence for oxygen-restricted metabolism. - *J. Appl. Physiol.* 77 (5), S. 2318-2324.
- van der Hoeven, M. A. H. B. M., Maertzdorf, W. J. and Blanco, C. E. (1997): Mixed venous oxygen saturation and biochemical parameters of hypoxia during progressive hypoxemia in 10- to 14-day-old piglets. - *Pediatr. Res.* 42, S. 878-884.
- Vermorel, M., Vernet, J., Dardillat, C., Saïdo, X., Demigne, C. and Davicco, M.-J. (1989): Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; effect of calving conditions. - *Can. J. Anim. Sci.* 69, S. 113-122.
- Warburton, D. and Olver, R. E. (1997): Coordination of genetic, epigenetic, and environmental factors in lung development, injury, and repair. - *Chest* 111, S. 119S-122S.
- Yamaya, Y., Kubo, K. and Amada, A. (1994): Diurnal rhythms of R-R interval and R-R interval variability in the young thoroughbred horse. - *J. Equine Sci.* 5, S. 83-86.

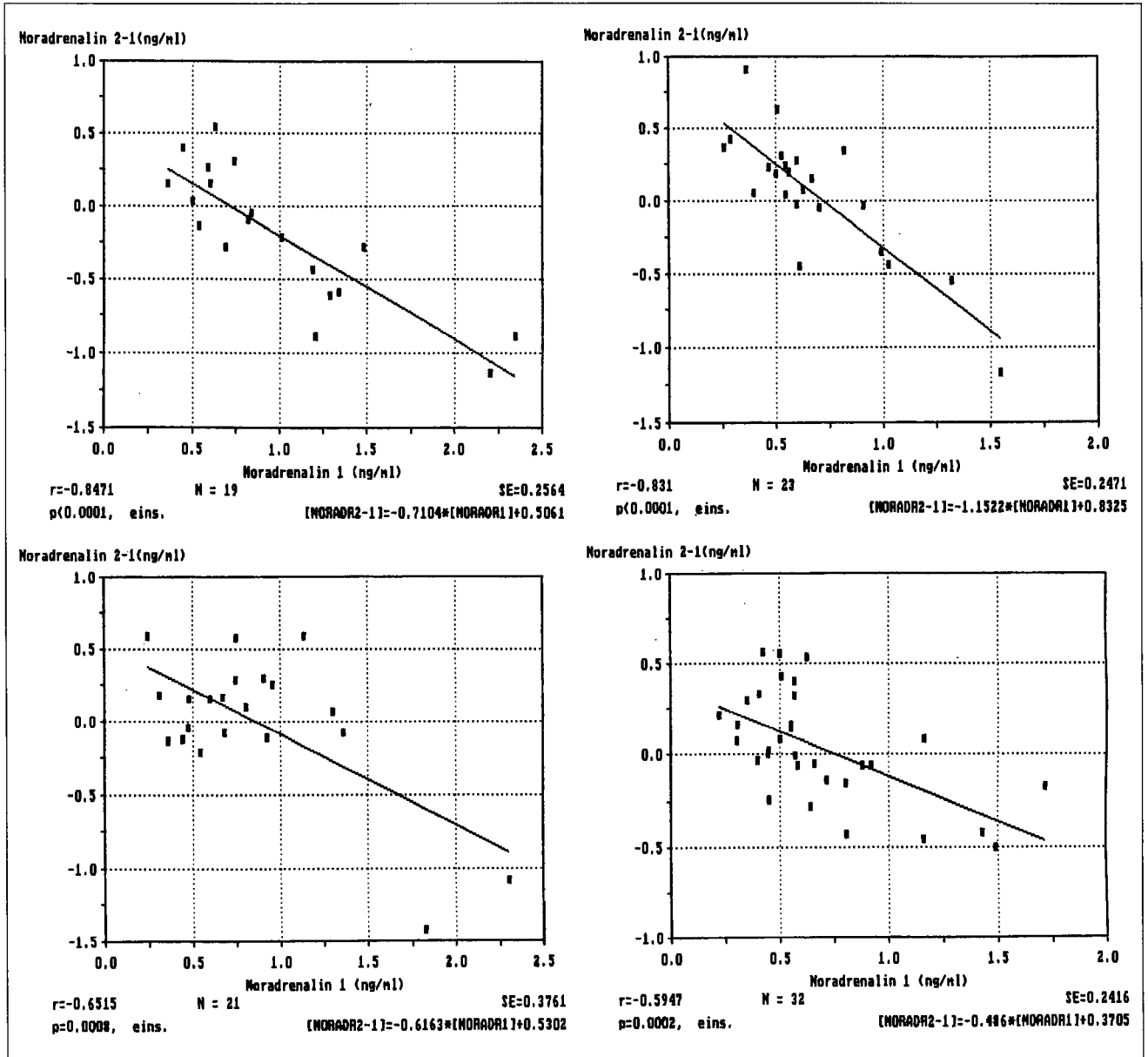
Verfasser: Steinhardt, Martin, Dr. med. vet. habil.; Thielscher, Hans-Hermann, Dr. med. vet.; Grünberg, Walter, Dr. med. vet., Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Leiter: Prof. Dr. sc. agr. Dr. habil. Dr. h. c. Franz Ellendorff.

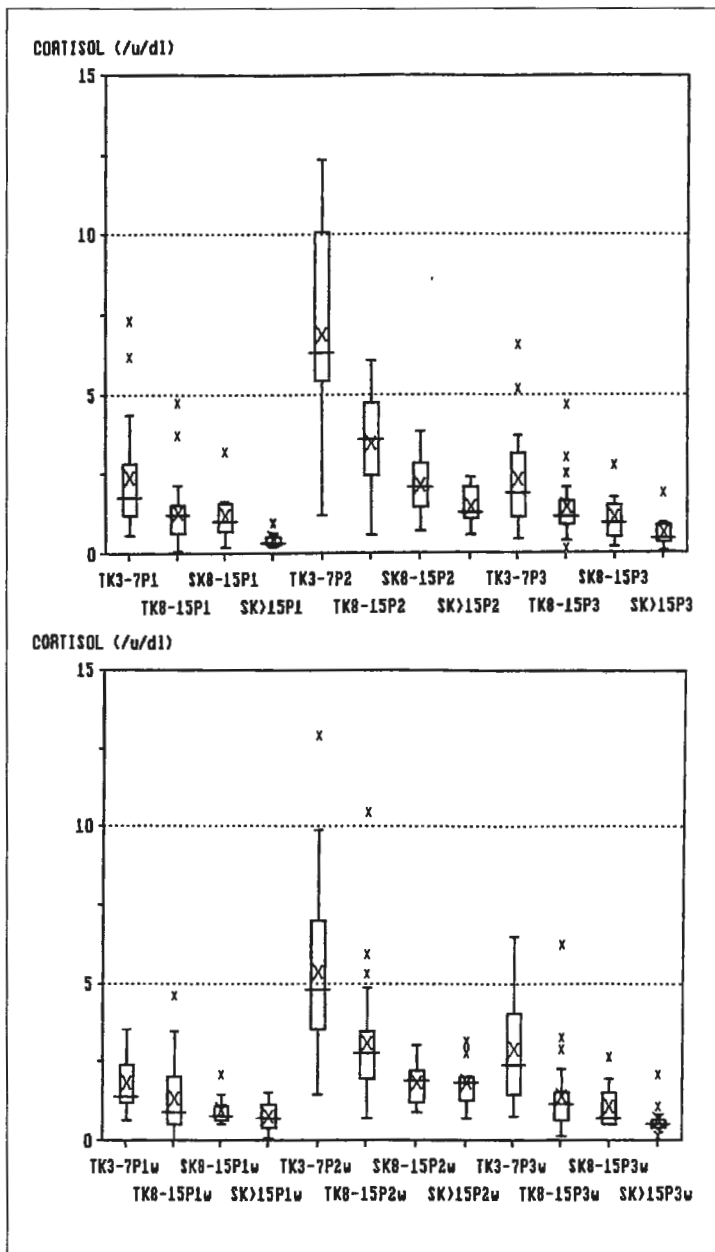
## Anhang: Abbildungen



**Abbildung 1:** Änderung der Körpermasse (oberer Teil), der Hämoglobinkonzentration des Blutes (mittlerer Teil) und der Cortisolkonzentration des Blutserums (unterer Teil) bei männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) nach Transport, Gruppen nach dem Alter (Tage) der Tiere, Box and Whisker Plots

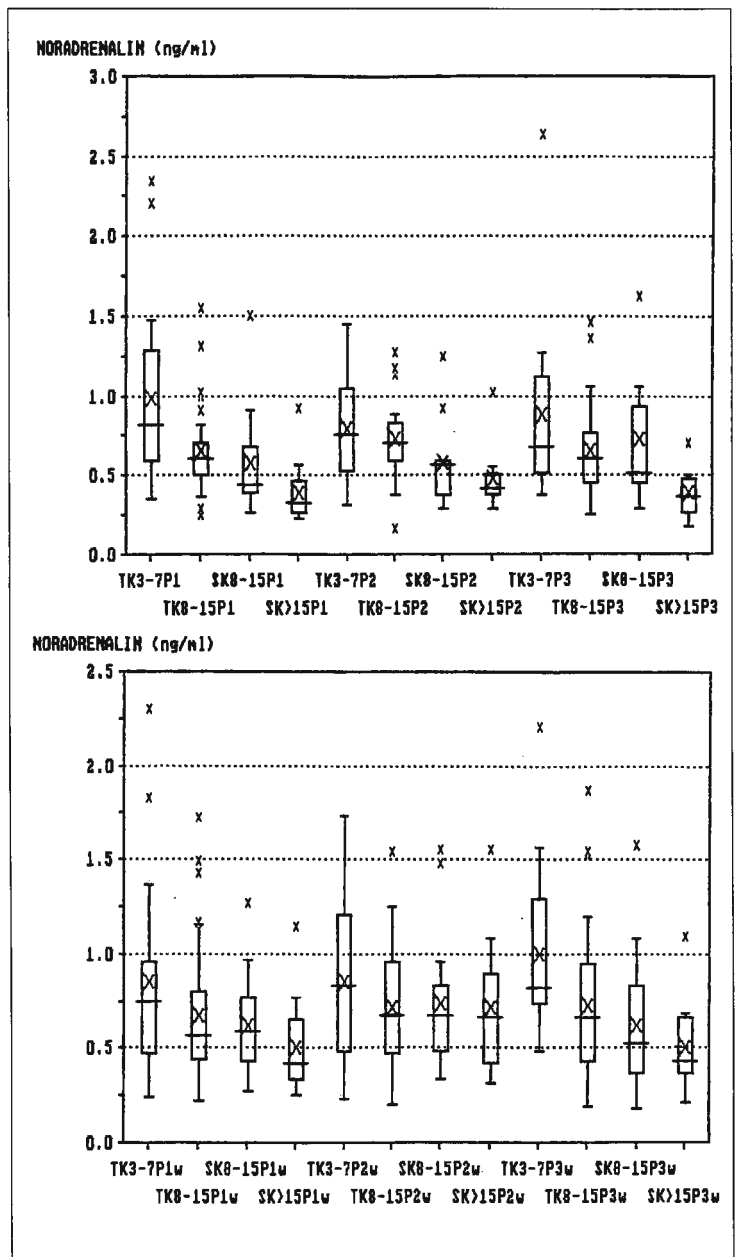
**Abbildung 2:** Korrelation und Regression der Änderung der NoradrenalinKonzentration nach Transport mit dem Ausgangswert bei männlichen (oberer Teil) und weiblichen (unterer Teil) Tränkkälbern im Alter von 3 bis 7 Tagen (linker Teil) und im Alter von 8 bis 15 Tagen (rechter Teil), Einzelwerte und Regressionsgrade



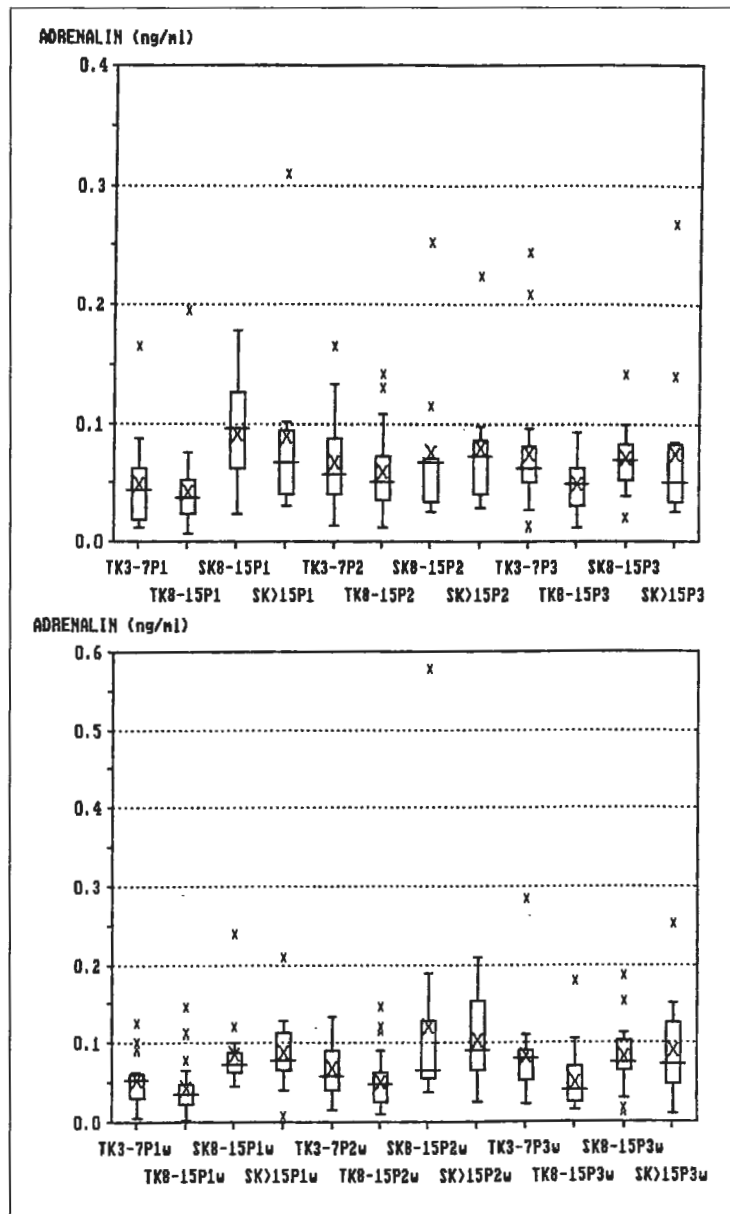


**Abbildung 3:** Cortisolkonzentration des Blutserums bei männlichen (oberer Teil) und weiblichen (unterer Teil) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) unterschiedlichen Alters vor (P1), und unmittelbar nach Transport (P2) sowie am folgenden Tag (P3), Box and Whisker Plots

**Abbildung 4:** NoradrenalinKonzentration des Blutplasmas, Bezeichnung wie bei Abbildung 3



**Abbildung 5:** AdrenalinKonzentration des Blutplasmas, Bezeichnung wie bei Abbildung 3



**Abbildung 6:** Herzfrequenzkennwerte (HFBASIS gewohnte Stallbedingungen; HFTP1 Stallbedingungen vor dem Transport; HFTP2 Verladen; HFTP7 Entladen, Manipulationen) bei männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK), Gruppen nach dem Alter (Tage) und dem Geschlecht der Tiere, Box and Whisker Plots, Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern: Kreis  $p < 0,05$ ; Punkt  $p < 0,01$

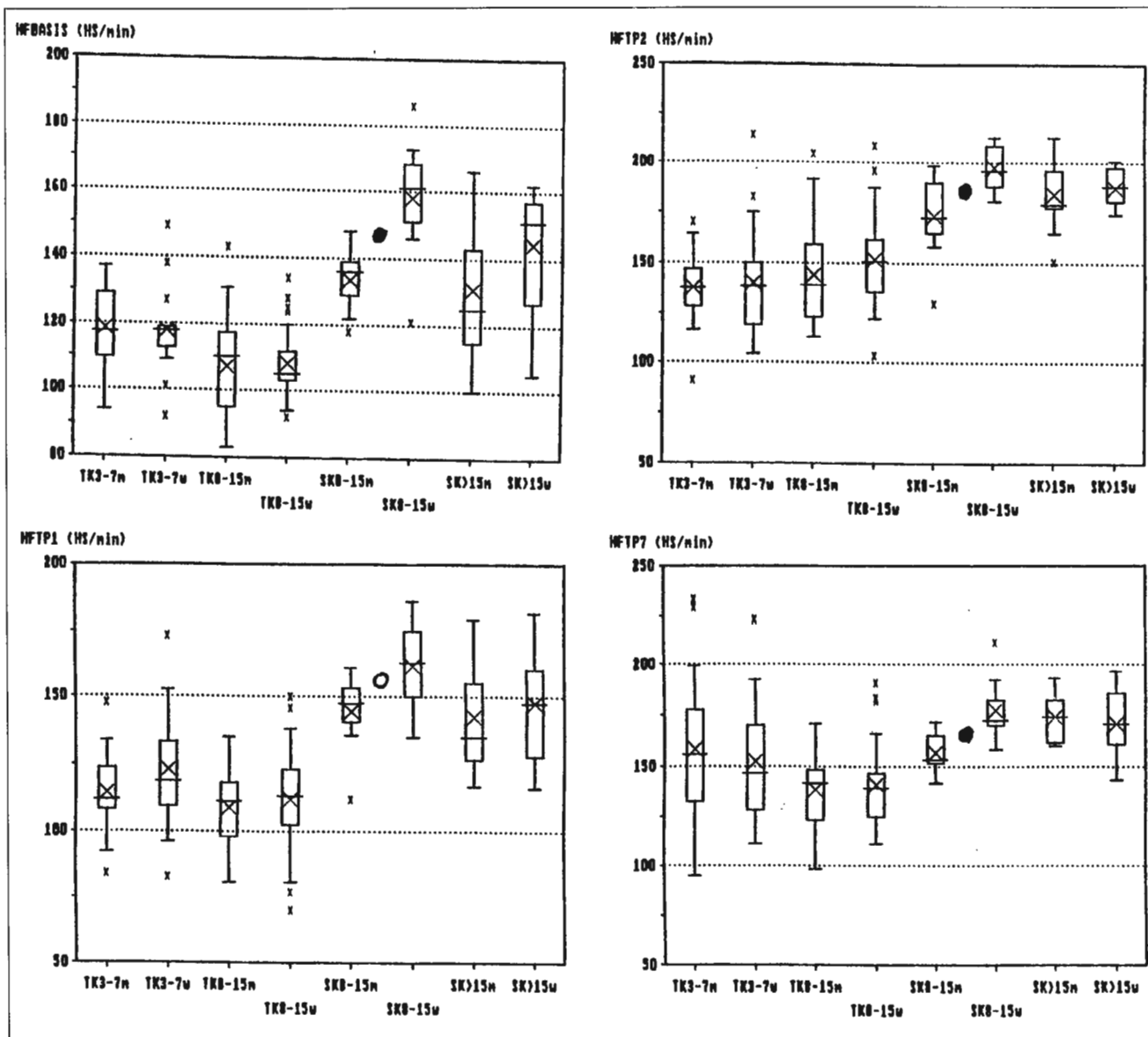
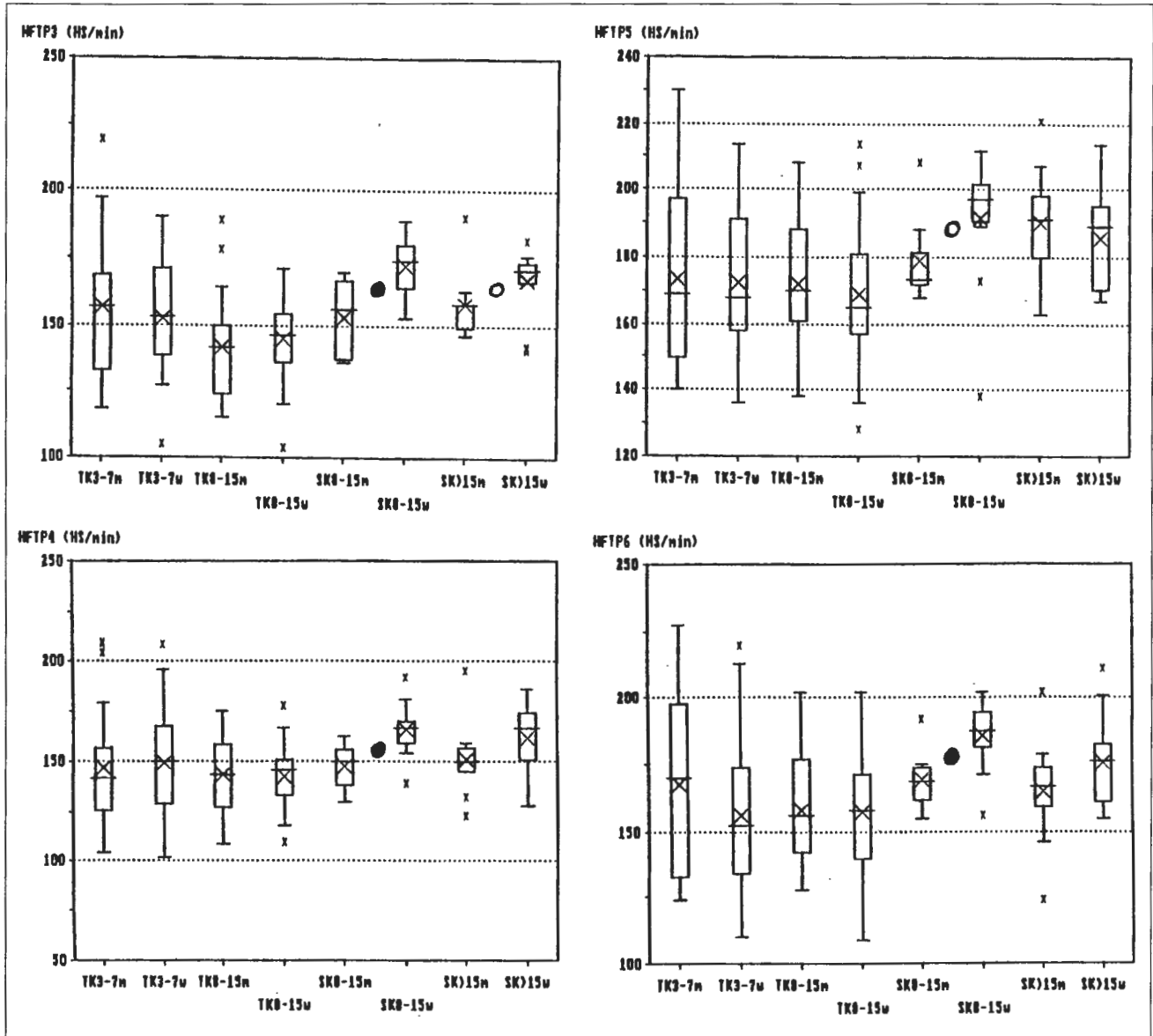




Abbildung 7: Herzfrequenzkennwerte (HFTP3 und HFTP4 erste und zweite Hälfte der Zeit auf stehendem Fahrzeug; HFTP5 und HFTP6 erste und zweite Hälfte der Transportzeit), übrige Bezeichnung wie bei Abbildung 6



**Abbildung 8:** Korrelation und Regression der T4-Konzentration des Blutes bei männlichen (oberer Teil) und weiblichen (unterer Teil) Tränkkälbern im Alter von 3 bis 7 Tagen (linker Teil) und im Alter von 8 bis 15 Tagen (rechter Teil) vor und nach Transport, Einzelwerte und Regressionsgrade, unterbrochene Linie:  $Y = X$

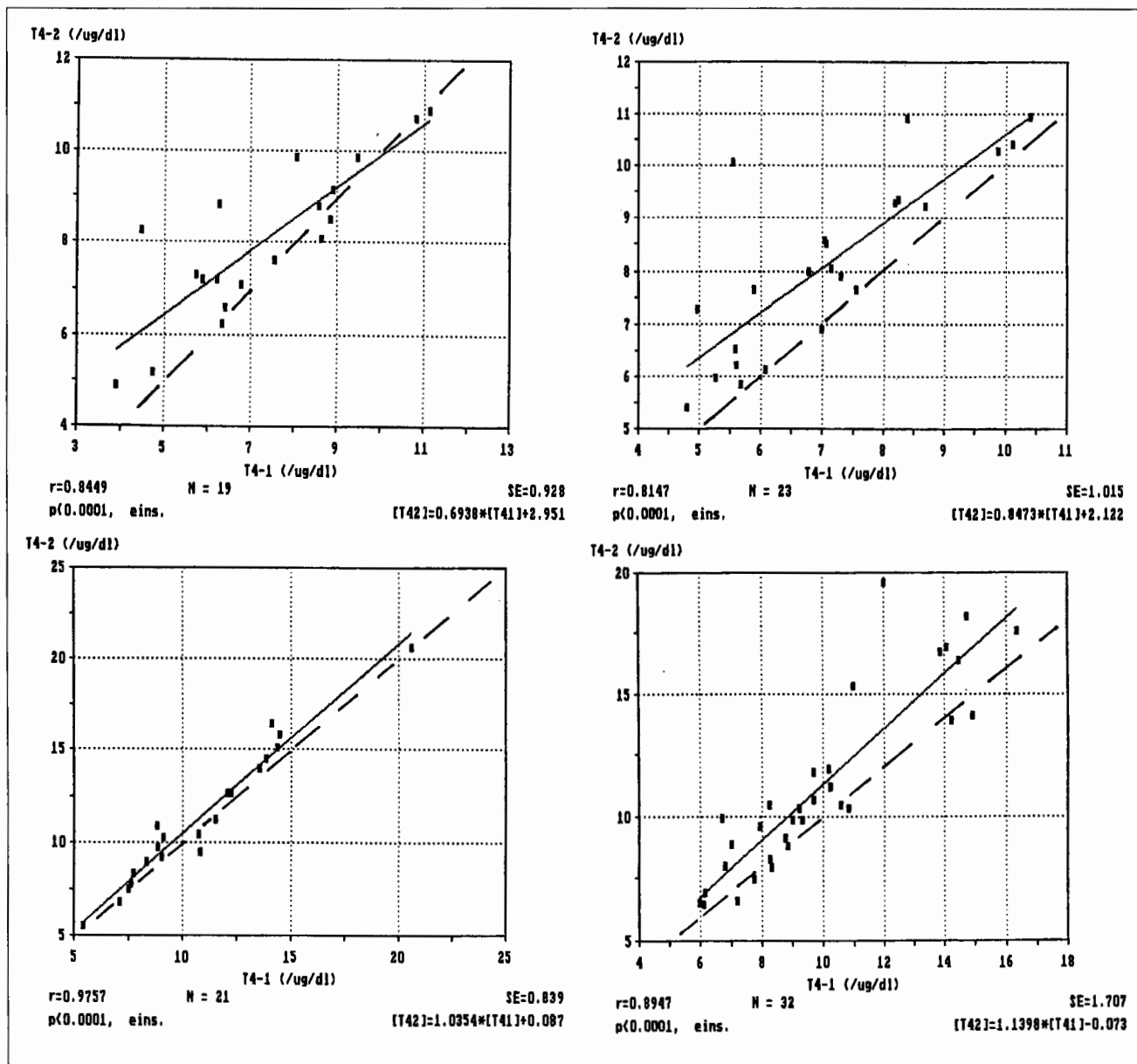


Abbildung 9: Korrelation und Regression der FT4-Konzentration des Blutes, übrige Bezeichnung wie bei Abbildung 8

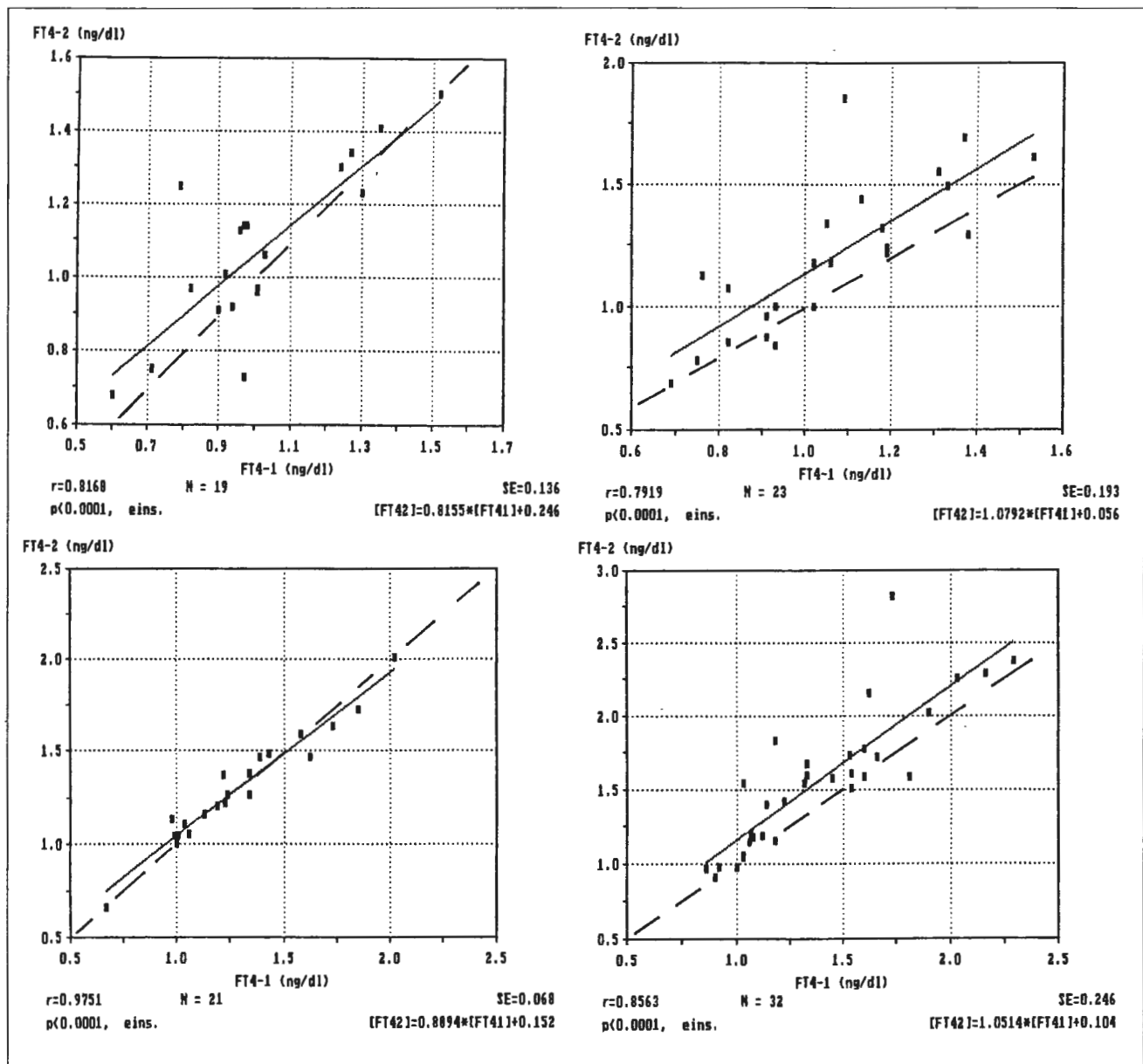
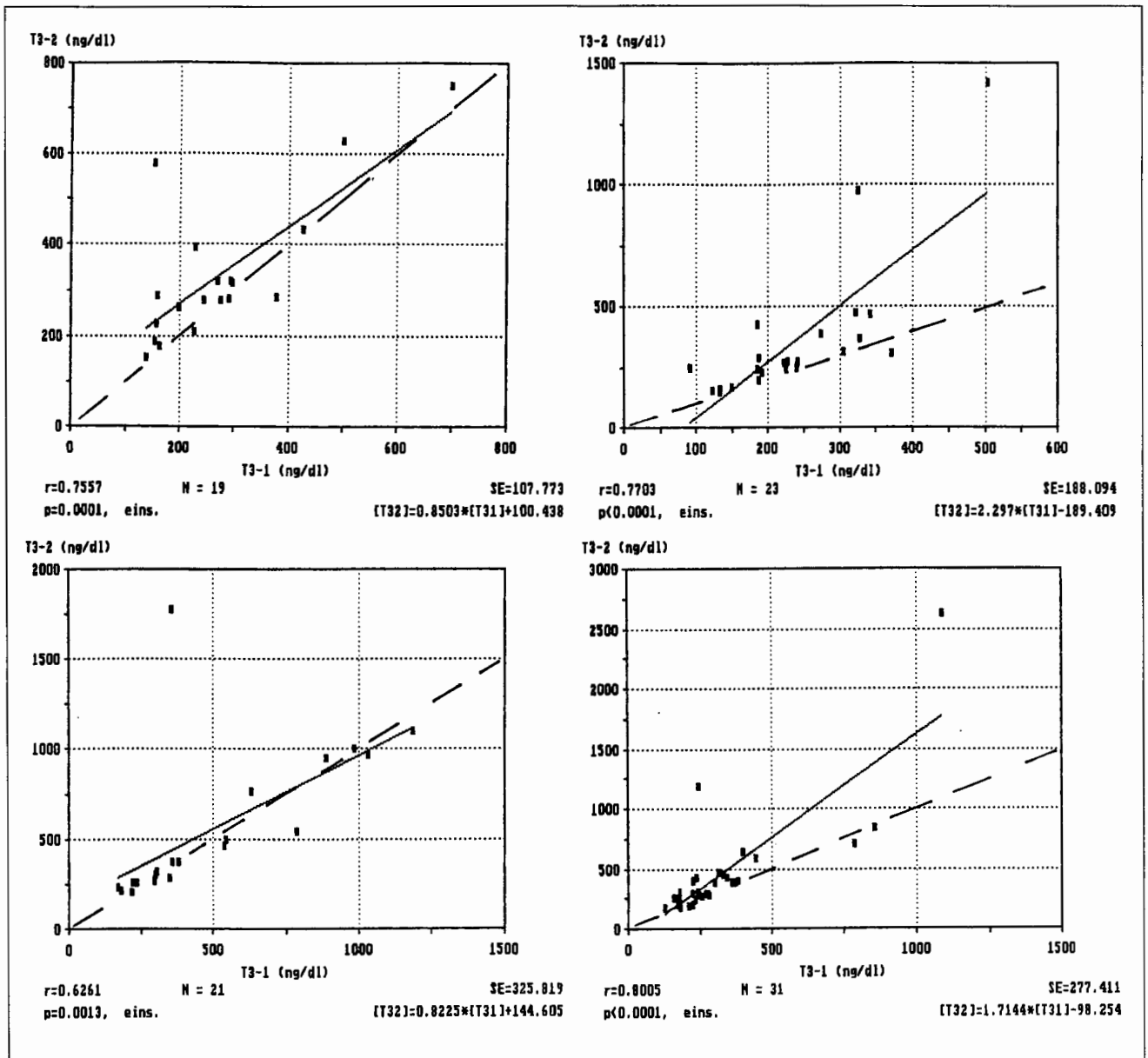


Abbildung 10: Korrelation und Regression der T3-Konzentration des Blutes, übrige Bezeichnung wie bei Abbildung 8



## Anhang: Tabellen

**Tabelle 1:** Alter und Körpermasse von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK), Altersgruppen, Statistiken

			TK 3-7	TK 8-15	SK 8-15	SK >15
Alter (d)	m	n	19	26	11	16
		x	5,3	10 <sup>c</sup>	12,1 <sup>d</sup>	20
		s	1,3	1,8	1,8	4,4
		min	3	8	10	16
		max	7	15	15	27
	w	n	21	32	14	13
		x	5	10,8	10,9 <sup>+</sup>	18,8
		s	1,2	2,4	1,4	3,2
		min	3	8	9	16
		max	7	15	14	28
KMG (kg)	m	n	19	26	11	10
		x	45,05	44,88	44,91	43,6
		s	6,6	4,79	2,95	6,93
		min	31	35	41	36
		max	56	55	50	52
	w	n	21	32	14	13
		x	41,29 <sup>+</sup>	41,97 <sup>+</sup>	39,64 <sup>+</sup>	41,69
		s	4,82	4,95	5,42	6,13
		min	33	32	28	33
		max	52	50	52	52
KMv (kg)	m	n	19	26	11	10
		x	45,47	46,61 <sup>c</sup>	55,67 <sup>d,e</sup>	60,83 <sup>f</sup>
		s	5,8	5,32	4,25	11,05
		min	31,8	37,3	46,8	48,3
		max	53,4	55,5	61,6	77,6
	w	n	21	32	14	13
		x	41,24 <sup>+,a</sup>	44,33 <sup>+,b,c</sup>	50,59 <sup>+,d,e</sup>	56,03 <sup>+,f</sup>
		s	4,19	4,37	5,61	6
		min	33,4	36,2	39,7	48,1
		max	50,8	54,6	60	68,9
KMn (kg)	m	n	19	23	11	10
		x	45,08	45,84 <sup>c</sup>	55,2 <sup>d,e</sup>	60,16 <sup>f</sup>
		s	5,91	5,4	4,19	10,88
		min	31,6	37,1	46,4	47,8
		max	53	55,1	61	76,3
	w	n	21	32	14	13
		x	41 <sup>+,a</sup>	43,9 <sup>+,b,c</sup>	50,13 <sup>+,d,e</sup>	55,15 <sup>+,f</sup>
		s	4,17	4,4	5,69	5,63
		min	33,3	36	38,8	47,5
		max	49,8	54,5	60	68,3

KMG Körpermasse bei Geburt  
 KMv Körpermasse vor Transport  
 KMn Körpermasse nach Transport  
 m : w <sup>+</sup> p < 0,05; \* p < 0,01  
 TK 3-7 : TK 8-15 a,b Mittelwerte signifikant verschieden  
 TK 8-15 : SK 8-15 c,d Mittelwerte signifikant verschieden  
 SK 8-15 : SK >15 e,f Mittelwerte signifikant verschieden

**Tabelle 2:** T<sub>4</sub>- und FT<sub>4</sub>-Konzentrationen des Blutes von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) vor und nach Transport, Gruppen nach dem Alter (Tage) der Tiere, Statistiken

		Transport				folgender Tag		
		vor		unmittelbar nach		m	w	
		m	w	m	w			
T <sub>4</sub> (µg/dl)	TK3-7	n	19	21	19	21	17	17
		x	7,30	10,85*	8,02	11,32*	7,40	10,96*
		s	2,05	3,52	1,69	3,73	1,78	3,00
		min	3,90	5,40	4,88	5,56	4,55	6,31
		max	11,14	20,59	10,90	20,68	11,90	17,88
	TK8-15	n	26	32	23	32	27	31
		x	7,11	9,95*	8,13	11,27*	8,83	10,98*
		s	1,78	2,95	1,71	3,76	2,04	3,38
		min	4,23	5,97	5,40	6,49	5,29	4,79
		max	10,50	16,35	10,95	19,62	14,21	18,80
	SK8-15	n	8	8	8	8	7	9
		x	9,80	11,68	11,24	12,20*	9,41	11,82*
		s	2,46	2,09	2,07	2,95	2,13	1,80
		min	6,75	9,18	9,21	8,74	7,60	9,77
		max	13,58	14,75	14,09	18,10	13,90	14,39
SK>15	n	2	6	2	6	3	6	
	x	7,39	11,81*	7,47	12,69*	10,20	13,04	
	s	0,13	3,18	0,66	2,35	4,35	2,50	
	min	7,29	6,59	7,00	9,01	7,33	8,72	
	max	7,48	15,95	7,93	15,46	15,21	16,08	
FT <sub>4</sub> (ng/dl)	TK3-7	n	17	21	17	21	15	17
		x	1,02	1,29*	1,09	1,30*	1,07	1,33*
		s	0,24	0,33	0,24	0,30	0,20	0,21
		min	0,60	0,67	0,68	0,66	0,78	0,85
		max	1,52	2,02	1,50	2,01	1,48	1,72
	TK8-15	n	25	31	22	31	26	30
		x	1,05	1,38*	1,20	1,55*	1,33	1,61*
		s	0,24	0,39	0,32	0,47	0,25	0,55
		min	0,64	0,86	0,69	0,91	0,97	0,72
		max	1,53	2,29	1,85	2,82	1,86	2,96
	SK8-15	n	8	8	8	8	7	9
		x	1,63	1,87*	1,95	1,94	1,63	1,91*
		s	0,33	0,19	0,32	0,19	0,18	0,30
		min	1,31	1,53	1,48	1,68	1,38	1,51
		max	2,17	2,14	2,55	2,30	1,86	2,41
SK>15	n	2	6	2	6	3	6	
	x	1,29	1,68	1,31	1,73*	1,70	1,78	
	s	0,31	0,25	0,23	0,21	0,69	0,29	
	min	1,07	1,34	1,15	1,57	1,00	1,50	
	max	1,51	1,98	1,47	2,08	2,37	2,29	

m : w \* p < 0,05; \* p < 0,01; Mittelwerte signifikant verschieden

**Tabelle 3:** T<sub>3</sub>- und FT<sub>3</sub>-Konzentrationen des Blutes von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) vor und nach Transport, Gruppen nach dem Alter (Tage) der Tiere, Statistiken

		Transport						folgender Tag	
		vor		unmittelbar nach		m	w		
		m	w	m	w				
T <sub>3</sub> (ng/dl)	TK3-7	n	17	20	17	20	15	17	
		x	275,50	500,57*	340,33	562,04*	288,40	416,28*	
		s	150,64	311,69	168,81	410,31	156,95	143,16	
		min	137,64	169,08	153,32	213,90	108,59	195,52	
		max	698,04	1187,25	750,69	1778,93	562,93	680,38	
	TK8-15	n	22	26	19	26	23	25	
		x	247,95	339,16*	371,50	476,43	310,94	391,53	
		s	134,93	230,01	316,38	495,96	241,78	388,06	
		min	90,91	125,33	146,32	177,84	127,90	133,71	
		max	677,24	1088,61	1419,41	2620,45	1314,01	1925,04	
	SK8-15	n	2	3	2	3	1	4	
		x	265,93	345,93	309,48	388,76	230,97	322,60	
		s	23,04	54,78	11,60	71,99	0,00	47,64	
		min	249,64	285,10	301,27	285,67	230,97	285,05	
		max	282,22	391,36	317,68	412,40	230,97	385,15	
	SK>15	n	1	4	1	4	2	4	
		x	139,39	238,42	135,26	251,80	206,18	241,00	
		s	0,00	75,78	0,00	70,57	96,58	70,46	
		min	139,39	172,55	135,26	183,54	137,88	182,79	
		max	139,39	347,26	135,26	350,59	274,47	343,18	
FT <sub>3</sub> (pg/ml)	TK3-7	n	17	21	17	21	15	17	
		x	4,41	5,22*	4,82	5,19	4,23	5,17*	
		s	0,83	1,43	1,12	1,63	1,04	1,42	
		min	2,93	2,91	2,58	3,33	2,92	3,43	
		max	5,68	9,96	6,86	10,92	6,06	9,89	
	TK8-15	n	24	27	21	27	25	27	
		x	4,03	4,52*	4,38	4,91*	4,26	4,59	
		s	0,80	1,13	0,67	1,14	0,65	0,82	
		min	2,33	2,57	3,19	2,22	2,85	2,94	
		max	5,59	8,51	5,61	7,29	5,82	6,53	
	SK8-15	n	8	8	8	7	7	9	
		x	4,92	4,99	5,44	5,29	4,84	5,16	
		s	0,54	1,30	1,09	0,67	0,63	0,67	
		min	3,95	2,66	3,90	4,35	4,09	4,01	
		max	5,61	6,51	7,72	6,36	5,81	6,06	
	SK>15	n	2	5	2	6	2	6	
		x	3,65	4,68	3,72	4,99	3,98	4,68	
		s	0,93	0,47	0,91	0,61	1,38	0,50	
		min	2,99	4,18	3,07	3,99	3,00	3,99	
		max	4,30	5,29	4,36	5,62	4,95	5,17	

m : w \* p < 0,05; \* p < 0,01; Mittelwerte signifikant verschieden

**Tabelle 4:** Kennwerte der Herzschlagfrequenz (HS/min) in spezifischen Perioden des Transportvorganges bei männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK), Gruppen nach dem Alter (Tage) der Tiere, Statistiken

		TK 3-7		TK 8-15		SK 8-15		SK > 15	
		m	w	m	w	m	w	m	w
HFBasis	n	12	14	24	31	11	11	8	11
	x	118,2	118	107,4	108,5	135*	155,8	130,1	144,5
	s	12,7	14	15,4	9,9	9,9	13,9	20	18,3
	min	94	92	83	92	118	121	100	105
	max	137	149	143	134	150	173	166	162
HF TP1	n	19	20	23	31	10	13	10	13
	x	114,6	122,9	108,7	111,7	146,6*	161,7	141,1	147,6
	s	16	21,6	14,8	19	15,9	15,8	19,8	20,4
	min	84	83	81	70	112	135	117	116
	max	148	173	135	150	171	186	179	182
HF TP2	n	19	21	23	30	10	12	10	13
	x	137,6	140	143,9	151,8	177*	197,7	184,6	188,1
	s	18,3	27	25,7	21,7	21,1	11	19,1	9,6
	min	91	105	113	104	130	181	151	174
	max	170	214	205	209	199	213	213	201
HF TP3	n	18	20	22	31	10	12	10	12
	x	156,7	152,1	141,9	144,9	154,2*	172,2	158,4*	167,4
	s	26,7	24,3	19,5	14,6	13,1	11,9	12,6	12,8
	min	118	105	115	104	136	153	146	141
	max	219	190	189	171	170	189	190	182
HF TP4	n	19	21	22	31	10	13	10	13
	x	146,5	149	143,1	142,5	151,8*	165,8	151,4	161,8
	s	28,2	29,7	19,6	17,1	14,6	12,8	19,1	18,3
	min	105	102	109	110	130	139	123	128
	max	210	209	175	178	180	192	195	186
HF TP5	n	18	21	23	31	10	12	10	12
	x	173,5	172,4	171,8	169	180,7*	191,8	188,6	185,5
	s	25,8	21,3	18,6	20,1	13	19,6	17,6	15
	min	140	136	138	128	168	138	163	167
	max	230	214	208	214	208	212	221	214
HF TP6	n	19	21	23	30	10	12	10	12
	x	167,4	156,4	157,9	157,7	170,5*	185,6	165,2	175,8
	s	31,9	29,1	22,2	23,8	10,6	12,7	20,4	17,5
	min	124	110	128	109	155	156	124	155
	max	227	220	202	202	192	202	202	211
HF TP7	n	19	20	23	31	9	13	6	10
	x	158,7	152,8	138,3	140,8	158,9*	177,5	174,5	171,3
	s	35,1	32,8	19,2	19,8	11,4	14,2	12,8	18
	min	95	111	99	111	142	158	160	143
	max	233	223	171	191	175	211	194	197

m : w \* p < 0,05; \* p < 0,01; Mittelwerte signifikant verschieden



**Tabelle 5:** O<sub>2</sub>-Gehalt des Blutes und O<sub>2</sub>-Sättigung des Hämoglobins von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) vor und nach Transport, Gruppen nach dem Alter der Tiere, Statistiken

				Transport				folgender Tag	
		vor		unmittelbar nach					
		m	w	m	w	m	w		
O <sub>2</sub> CONT (mmol/l)	TK3-7	n	12	10	12	10	11	8	
		x	7,12	9,79	7,28	8,80	6,25	9,44	
		s	2,60	2,99	1,89	2,86	1,55	2,84	
		min	3,1	6,5	4,4	4,7	3,3	6,7	
		max	12,6	16,1	10,4	14,8	8,2	15,9	
	TK8-15	n	15	14	13	14	19	17	
		x	7,19	8,35	7,36	8,17	7,03	7,65	
		s	1,98	2,97	2,29	2,06	2,72	2,18	
		min	4,3	4,2	3,8	4,6	2,4	4,3	
		max	10,7	13,5	12,4	12,3	12,6	12,5	
	SK8-15	n	6	11	7	11	5	9	
		x	10,25	7,97	6,74	7,19	9,90	7,48	
		s	3,33	3,46	1,53	3,15	1,59	2,15	
		min	5,0	4,7	4,3	4,3	7,7	5,5	
		max	13,9	14,8	8,6	15,2	11,8	12,0	
	SK>15	n	9	8	9	9	9	9	
		x	6,79	7,71	7,21	7,04	6,08	6,40	
		s	1,48	3,16	1,00	2,80	1,59	2,31	
		min	5,6	3,0	5,7	2,6	4,5	2,7	
		max	9,4	12,5	8,6	10,6	8,4	9,8	
O <sub>2</sub> SAT (%)	TK3-7	n	12	10	12	10	11	8	
		x	54,98	63,51	58,57	60,51	54,07	64,43	
		s	10,01	11,12	12,51	12,14	8,49	10,44	
		min	43,4	45,0	42,4	41,6	42,3	54,2	
		max	73,9	80,1	91,4	84,1	73,2	81,5	
	TK8-15	n	15	14	13	14	19	17	
		x	59,69	58,51	62,48	60,65	55,73	58,75	
		s	9,42	12,19	10,93	13,95	9,81	10,21	
		min	46,0	43,2	43,6	43,7	41,6	45,1	
		max	77,2	78,0	81,6	99,5	81,0	78,6	
	SK8-15	n	6	11	7	11	5	9	
		x	66,78	62,29	49,79	57,51	66,52	59,08	
		s	15,10	13,65	5,19	11,96	10,40	7,15	
		min	44,8	40,2	44,4	43,4	56,7	54,1	
		max	82,6	82,7	59,3	83,9	79,0	76,6	
	SK>15	n	9	8	9	9	9	9	
		x	56,80	56,61	56,90	54,32	52,41	52,94	
		s	11,52	11,88	7,90	9,36	8,60	6,35	
		min	43,4	40,2	48,8	40,1	43,2	43,1	
		max	77,8	71,8	74,4	67,3	65,1	62,9	

**Tabelle 6:** Hämoglobinderivate des Blutes von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) vor und nach Transport, Gruppen nach dem Alter der Tiere, Statistiken

		Transport				folgender Tag		
		vor		unmittelbar nach				
		m	w	m	w	m	w	
HHb (%)	TK3-7	n	12	10	12	10	11	8
		x	40,58	33,57	37,47	35,41	40,40	33,03
		s	8,03	9,02	10,40	9,25	6,14	9,06
		min	25,1	19,1	8,0	15,2	25,2	17,8
		max	52,7	46,6	47,5	48,6	48,1	41,6
	TK8-15	n	15	14	13	14	19	17
		x	37,30	37,75	33,76	35,54	38,56	37,73
		s	8,08	10,12	8,09	11,77	6,89	8,48
		min	21,7	21,1	17,3	0,3	18,1	20,3
		max	50,5	47,8	46,8	46,9	49,8	52,0
	SK8-15	n	6	11	7	11	5	9
		x	30,18	34,90	43,34	37,57	31,22	37,81
		s	12,25	12,06	4,57	9,33	9,10	6,30
		min	16,6	16,6	33,8	15,4	20,2	22,3
		max	46,4	56,7	47,3	48,6	39,3	42,0
	SK>15	n	9	8	9	9	9	9
		x	38,71	39,24	39,44	39,48	42,41	41,03
		s	8,86	9,27	6,52	5,39	6,06	3,33
		min	21,1	26,8	24,2	31,0	33,0	34,7
		max	47,4	52,7	45,0	47,9	48,6	45,4
O <sub>2</sub> Hb (%)	TK3-7	n	12	10	12	10	11	8
		x	50,26	59,56	53,93	55,76	48,63	60,49
		s	11,09	12,39	13,21	14,02	9,70	11,23
		min	36,5	38,2	35,0	34,6	35,3	49,3
		max	71,2	77,4	86,5	81,1	69,1	78,5
	TK8-15	n	15	14	13	14	19	17
		x	55,71	54,42	57,65	55,69	50,87	54,45
		s	9,94	12,85	12,69	14,01	12,01	11,02
		min	40,8	39,5	33,4	36,5	28,6	39,0
		max	73,8	74,9	77,2	90,9	77,6	74,7
	SK8-15	n	6	11	7	11	5	9
		x	62,48	58,40	43,87	52,84	62,70	54,90
		s	16,49	14,39	6,14	13,90	11,23	7,59
		min	37,7	38,3	37,8	36,2	51,5	48,8
		max	79,3	79,7	55,2	80,9	76,2	73,4
	SK>15	n	9	8	9	9	9	9
		x	51,97	52,20	52,44	48,40	47,23	47,18
		s	12,82	12,93	8,48	12,06	10,17	8,69
		min	36,4	35,5	42,8	27,9	35,0	33,0
		max	74,2	68,4	70,2	64,0	61,6	59,1

**Tabelle 7:** Glukose- und Laktatkonzentrationen des Blutes von männlichen (m) und weiblichen (w) Tränkkälbern (TK) und Saugkälbern (SK) vor und nach Transport, Gruppen nach dem Alter der Tiere, Statistiken

			Transport				folgender Tag	
			vor		unmittelbar nach		m	w
			m	w	m	w		
Glukose (mg/dl)	TK3-7	n	19	21	19	21	17	17
		x	89,57	90,64	92,94	99,42	87,56	86,16
		s	21,11	14,47	13,83	10,28	18,99	16,79
		min	59,2	50,6	63,6	85,1	56,3	45,9
		max	135,0	115,0	118,0	126,0	139,0	122,0
	TK8-15	n	26	32	23	32	27	31
		x	99,93	91,67	95,42	95,71	85,80	85,54
		s	30,42	14,78	30,65	24,72	24,58	22,87
		min	64,7	64,8	55,0	68,8	55,4	54,8
		max	175,0	138,0	189,0	193,0	173,0	175,0
	SK8-15	n	11	14	11	14	9	15
		x	98,01	95,25	90,14	97,05	89,17	100,65
		s	18,41	8,04	27,34	10,74	36,19	8,82
		min	68,6	79,6	38,9	73,5	10,4	83,9
		max	130,0	105,0	142,0	112,0	145,0	118,0
	SK>15	n	10	13	10	13	12	13
		x	89,03	96,09	95,08	97,08	102,90	100,55
		s	28,29	25,91	27,22	33,95	24,41	25,61
		min	49,1	49,5	72,2	51,9	82,4	73,2
		max	158,0	163,0	170,0	194,0	171,0	177,0
Laktat (mg/dl)	TK3-7	n	19	21	19	21	17	17
		x	10,52	10,14	15,03	18,75	9,92	10,64
		s	7,03	5,35	6,23	10,51	4,50	6,53
		min	2,7	3,5	6,2	8,9	3,6	4,5
		max	33,5	28,3	26,2	39,1	19,2	26,5
	TK8-15	n	26	32	23	32	27	31
		x	9,11	8,44	14,94	12,92	7,58	7,65
		s	6,03	3,47	11,07	7,09	2,46	3,76
		min	3,1	2,6	4,9	4,7	5,0	2,6
		max	29,7	16,6	54,2	43,2	15,5	16,2
	SK8-15	n	11	14	11	14	9	15
		x	6,36	8,21	7,38	10,75	6,56	8,59
		s	2,02	2,44	3,38	6,94	2,45	5,22
		min	4,5	4,4	1,8	5,2	3,8	3,0
		max	11,5	12,5	13,0	30,9	10,2	25,0
	SK>15	n	10	13	10	13	12	13
		x	5,58	6,85	8,09	13,98	7,96	7,12
		s	2,45	3,58	2,94	16,66	2,91	2,15
		min	2,8	3,2	4,5	4,1	3,5	4,5
		max	10,7	17,9	14,2	68,0	13,5	12,5