# Entwicklungsqualität von Saugkälbern aus der Mutterkuhhaltung und von Tränkkälbern in der zweiten und dritten Lebenswoche sowie Reaktionen der Tiere auf den Transport mit Straßenfahrzeugen

MARTIN STEINHARDT und HANS-HERMANN THIELSCHER

Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee,
Institutsteil Trenthorst/Wulmenau

## Einleitung

Einschätzungen der Reaktionen von jungen Kälbern in Belastungssituationen müssen die Entwicklungsqualität der Tiere, Nachwirkungen des Geburtsverlaufes und die Anpassung an spezifische Umgebungsbedingungen in stärkerem Maße berücksichtigen als bei anderen Alters- und Leistungsstadien von Vertretern dieser Tierart. Reaktionen von Kälbern auf einen Transportvorgang in den ersten Lebenswochen und sich anschließende Regenerations- und Adaptationsvorgänge wurden wenig (Alfonso et al., 1985; Atkinson, 1992; Hartmann et al., 1973, Kent und Ewbank, 1986, Mormede et al., 1982, Völker et al., 1973; Volkinsfeld, 1983) und bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung anscheinend noch nicht untersucht. Reifegrad, Wachstumsgeschwindigkeit, Funktionsstatus und -kapazität von Kälbern können in diesem Alter sehr unterschiedlich sein, viele funktionelle Merkmale weisen Altersabhängigkeiten auf, und es ist von Interesse, welche Reaktionsformen und Belastungsgrade bei Tieren mit unterschiedlicher Entwicklungsqualität vorkommen können und wie diese zuverlässig zu erfassen sind. Wir wendeten Langzeitmessungen in Verbindung mit Blutentnahmen bei einheitlich vorgenommenen Transportvorgängen an, nutzten die Hämoglobinkonzentration des Blutes (Hb), die bei Kälbern während der frühen Aufzucht eine beträchtliche inter- und intraindividuelle Variation haben kann (Steinhardt et al., 1996a), für Klassifizierungen eines größeren Untersuchungsmaterials und prüften, an welchen physischen Merkmalen und physiologischen Variablen charakteristische Unterschiede bei den Tieren vorhanden sind und in welchem Maße die Reaktionen der Kälber bei Transport beeinflußt werden.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Zeit vom 12.10.1995 bis 29.04.1996 an Kälbern der Milchrindherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian, Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, Deutsche Rotbunte) und an Saugkälbern der Mutterkuhhaltung (Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, Deutsche Rotbunte und Kreuzungstiere Galloway x Holstein Friesian) vorgenommen. Eine Übersicht zum Tiermaterial gibt die **Tabelle 1 (Anhang)**. Tränkkälber (TK) befanden sich in Einzelboxen mit Stroheinstreu, die innerhalb des Milchrindstalles angeordnet waren, Saugkälber (SK) waren mit ihren Müttern in Laufboxen mit Stroheinstreu (etwa 25 Mutter-Kalb-Paare). TK erhielten gegen 07.00 Uhr und 16.00 Uhr Milch aus Tränkeimern. Probennahmen und Anlegen von Meßeinrichtungen erfolgten bei den Tieren zwischen 07.45 Uhr und 08.15 Uhr. Transporte der Kälber wurden an drei Altersbereichen konzentriert und stets in der Tageszeit zwischen 08.30 Uhr und 09.30 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. Unmittelbar vor und nach Transport ist die Körpermasse (KM) der Tiere festgestellt worden. TK wurden durch zwei Personen auf das Fahrzeug verbracht, SK liefen etwa 10 m von der Liegebox zum Transportfahrzeug. Die Tiere blieben eine Zeit von 20 min auf dem stehenden Fahrzeug, erst danach wurde der eigentliche Transport über eine Zeit von 20 min vorgenommen. Nach Beendigung des Transportes kamen TK in eine Gruppenhaltung mit Automatenfütterung. SK kamen nach dem Transport wieder in die Laufbox zurück. Die 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.

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). Für charakteristische Perioden des Transportvorganges sind Mittelwerte der HF errechnet und als HF-Kennwerte (HFBASIS: 25 Std.-Messung vor Transport sowie HFTP1 bis HFTP7) verwendet worden (HFTP1: Gewohnte Umwelt im Stall; HFTP2: Verladen; HFTP3 und HFTP4: Erste und zweite Hälfte der Zeit auf dem stehenden Fahrzeug; HFTP5 und HFTP6: Erste und zweite Hälfte der Transportzeit; HFTP7: Entladen, Manipulationen wie Probennahmen, Temperaturmessung und Wechsel von Meßeinrichtungen; **Abbildungen 1 und 2**). In peripheren venösen Blutproben wurden vor und unmittelbar nach Transport sowie am folgenden Tag (U1; U2; U3) bestimmt: Säure-Basen-Status, Hämoglobinkonzentration (Hb). Hämatokrit (Hk), Hämoglobinderivat und -varianten, Gasgehalte und -drucke, die Plasmaeiweiß-, Albumin-, Laktat-, Harnstoff-, Glukose- und Cortisolkonzentration 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 Blutinhaltstoffe im

Analysenautomaten (Kone Finnland) mit Reagenzien der Firmen Boehringer Mannheim und Merck Darmstadt bestimmt. Blutproben wurden außerdem mit dem AVL 912 Co-Oxylite von Medical Instruments AG analysiert, mit welchem neben Meßgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung ($O_2SAT$), Sauerstoffkapazität ($O_2CAP$) und der Sauerstoffgehalt ($O_2CONT$), die Hämoglobinderivate ($O_2Hb$), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxyhämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) zu ermitteln sind. Cortisol wurde mit Hilfe eines Radioimmunoassays bestimmt. Die Bearbeitung der Ergebnisse wurde mit dem Paket PC-Statistik von Topsoft Hannover vorgenommen und die Regressions- und Korrelationsrechnung sowie die Varianzanalyse genutzt. 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 $\bar{x}$) 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 Whiskers gewählt. Daten außerhalb dieser Grenzen werden eingezeichnet (Extremwerte bzw. Ausreißer).

## Ergebnisse

### Charakterisierung der Kälbergruppen mit unterschiedlicher Entwicklungsqualität

Statistiken der hämatologischen Variablen Hb und Hk sind in **Tabelle 1 (Anhang)** angegeben. Die Geburtsmasse der SK und TK ist nicht verschieden. Die KM der Kälber zum Zeitpunkt der Untersuchung ist zwischen den Gruppen bei SK und TK nicht unterschiedlich, innerhalb der Gruppen haben SK ein signifikant größeres Lebensalter und eine größere KM (**Tabelle 1, Anhang**).

Zwischen der Geburtsmasse und der Körpermassenzunahme bis zum Zeitpunkt der Untersuchung konnten bei den Gruppen der TK sichere negative Beziehungen nachgewiesen werden (Hb<9 r -0,349; Hb 9,1-11,5 r -0,434; Hb>11,5 r -0,608), deren Stärke unterschiedlich ist.

Zwischen Alter und KM konnten Beziehungen bei SK der Gruppe Hb<9 (r 0,522) und bei SK der Gruppe Hb9-11,5 (r 0,443) und zwischen Hb und KM solche bei SK der Gruppe Hb9-11,5 (r 0,491), bei TK der Gruppe Hb<9 (r 0,415) und bei TK der Gruppe Hb >11,5 (r -0,591) nachgewiesen werden.

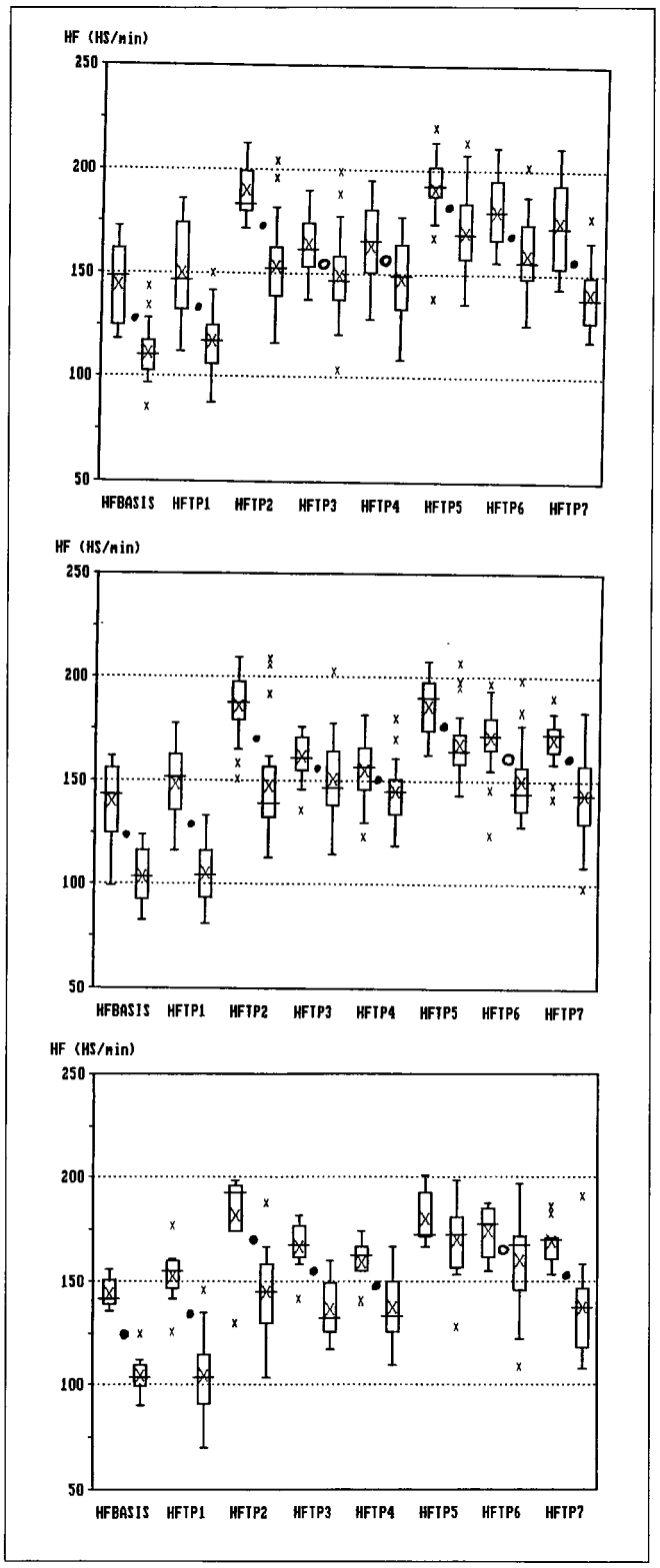


**Abbildung 1:** Herzfrequenzkennwerte (Herzschläge/min) von Saugkälbern (erste Box) und von Tränkkälbern (zweite Box) in spezifischen Perioden des Transportvorganges, Box and Whisker Plots, Gruppe Hb<9 (oberer Teil), Gruppe Hb 9,1-11,5 (mittlerer Teil) und Gruppe Hb>11,5 (unterer Teil), Mittelwertunterschiede SK vs. TK: Punkt p<0,01; Kreis p<0,05

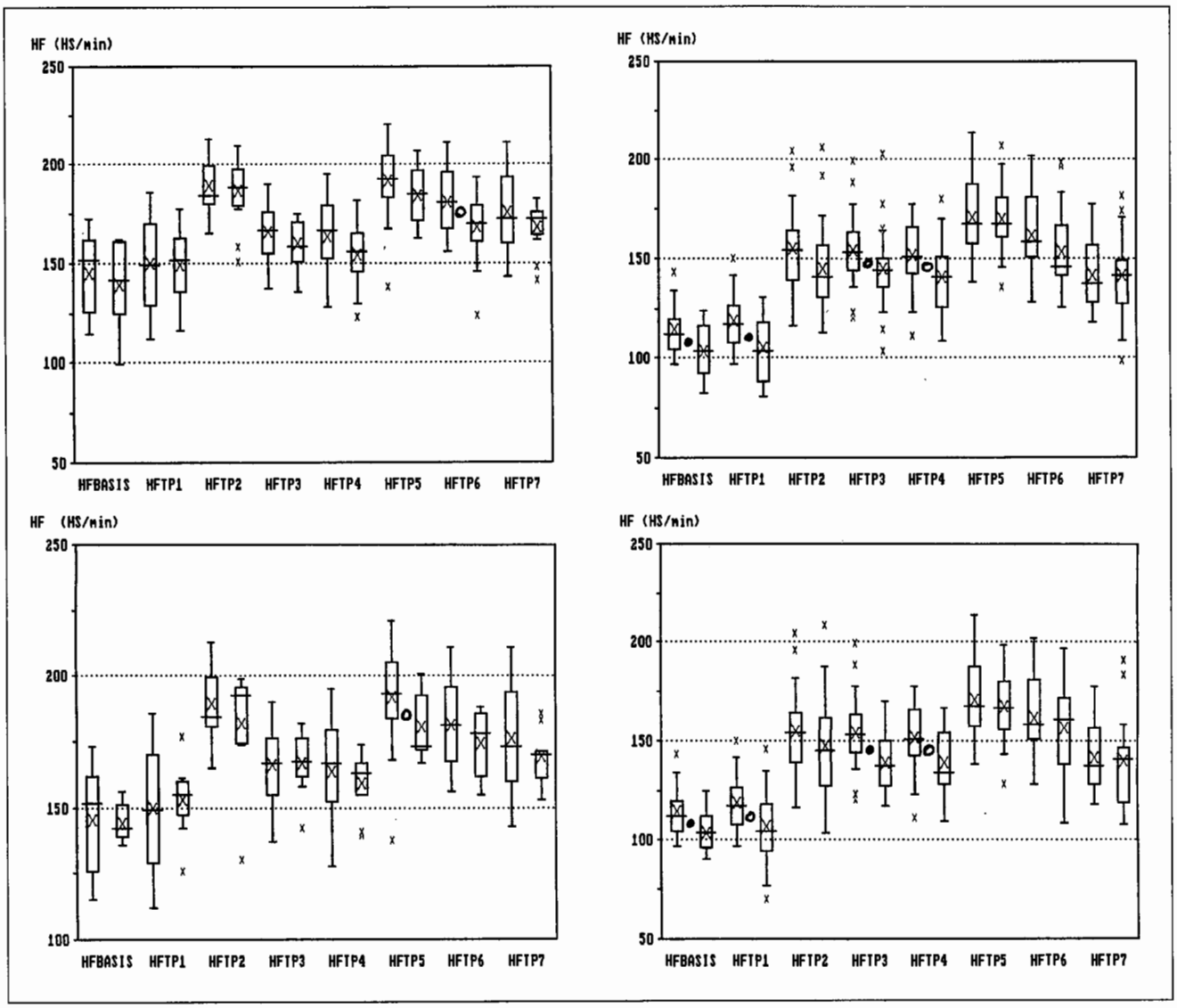


**Abbildung 2:** Herzfrequenzkennwerte (Herzschläge/min) von Saugkälbern (linker Teil) und Tränkkälbern (rechter Teil) in spezifischen Perioden des Transportvorganges, Box and Whisker Plots, Gruppe Hb<9 und Gruppe Hb9,1-11,5 (oberer Teil), Gruppe Hb<9 und Gruppe Hb>11,5 (unterer Teil), Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen: Punkt p<0,01; Kreis p<0,05

### Statistiken physiologischer Variablen für die Kälbergruppen nach Entwicklungsqualität

Gesicherte Unterschiede der Mittelwerte physiologischer Variablen bei SK und TK in den Gruppen und zwischen den Gruppen nach Entwicklungsqualität sind den **Tabellen 1 bis 10 (Anhang)** sowie den **Abbildungen 1 und 2** zu entnehmen.

SK haben gegenüber TK größere RT und HF sowie höhere Konzentrationen von Gesamtprotein, P, Adrenalin, T4, FT4 und FT3 und in den meisten Fällen kleinere Cortisol- und Laktatkonzentrationen (**Tabellen 2 bis 10, Anhang**). Diese Unterschiede der Mittelwerte sind an allen Untersuchungspunkten offensichtlich.

### Korrelationen der Variablen innerhalb der Untersuchungen

Zwischen hämatologischen und metabolischen Variablen und denen des Säure-Basen-Status, des Mineralstoffwechsels sowie der Sauerstofftransportkapazität des Blutes bestehen Korrelationen unterschiedlicher Stärke in den Gruppen der SK und der TK, die hier nicht weiter angeführt werden.

### Änderungen physiologischer Variablen durch Transport bei den Gruppen mit unterschiedlicher Entwicklungsqualität

Gesicherte Abnahmen der KM und Vergrößerungen von RT und HF sowie höhere Konzentration von Plasmacortisol

nach Transport ließen sich in allen Gruppen bei SK und TK nachweisen. Anstiege nach Transport bei Hb waren nur bei den Gruppen der SK und solche von Noradrenalin bei den Gruppen Hb<9 und Hb>11,5 bei den SK zu verzeichnen. Für T4 und FT4 waren Steigerungen nach Transport und am folgenden Tag bei allen Gruppen der TK und der Gruppe Hb<9 der SK vorhanden. Für T3 ließen sich höhere Konzentrationen nach Transport und am folgenden Tag bei allen Gruppen der TK und bei den Gruppen Hb<9 und Hb9-11,5 der SK nachweisen. Für FT3 bestand eine ähnliche Situation, die nur bei den Gruppen Hb9-11,5 und Hb>11,5 bei den TK, sonst wegen geringer Besetzung an den Untersuchungspunkten nicht zu sichern war. Bei den übrigen Gruppen sind eindeutig gerichtete Änderungen der Variablen nicht erkennbar und Unterschiede der Mittelwerte der Variablen in einigen Fällen wegen größerer Variationen nicht nachweisbar gewesen.

Gesicherte Mittelwertunterschiede der Änderungen der Variablen nach gegenüber vor Transport zwischen SK und TK gab es in der Gruppe Hb<9 für Hb und T3, in der Gruppe Hb 9-11,5 bei Hb, Cortisol, Adrenalin, T3 und in der Gruppe Hb>11,5 bei Cortisol. Die Änderungen der Hormonkonzentrationen waren bei SK geringer und die von Hb größer als bei TK.

Die Änderung der Konzentration von Noradrenalin nach gegenüber vor dem Transport wies zum Ausgangswert bei allen Gruppen der TK eine hochsignifikante negative Beziehung auf. Für die Adrenalinkonzentration konnte eine solche Beziehung bei der Gruppe Hb<9 der TK und für Hb9 -11,5 der SK gefunden werden. Für die Plasmacortisolkonzentration ließen sich derartige Beziehungen nicht nachweisen.

Die Änderungen der Variablen nach gegenüber vor Transport wiesen untereinander innerhalb der Gruppen in vielen Fällen insbesondere bei TK, weniger häufig bei SK, hochsignifikante Beziehungen auf. Diese Daten werden hier nicht weiter angeführt.

### Korrelationen der Variablen zwischen den Untersuchungen

Für die Konzentrationen von Gesamtprotein, Albumin, T4, FT4, T3, FT3 und für Hb konnten zwischen den Untersuchungen in allen Gruppen hohe Korrelationen nachgewiesen werden. Für Noradrenalin ließen sich solche Korrelationen bei den Gruppen der SK und für die Gruppe Hb>11,5 der TK, für Adrenalin bei der Gruppe Hb9,1-11,5 der SK und bei der Gruppe Hb>11,5 der TK, für die Plasmacortisolkonzentration bei der Gruppe Hb<9 der SK und für die Gruppen der TK nachweisen.

## Diskussion

Der breite methodische Ansatz, die Nutzung eines weitgehend standardisierten Transportvorganges und vor allem die Verfügbarkeit einer Tierpopulation, deren Lebensbedingungen zuverlässig eingeschätzt werden können, haben sich als vorteilhaft erwiesen, Entwicklungsqualität und Anpassung der Tiere an spezifische Haltungsbedingungen und die Reaktionen bei Belastung wie im Falle eines Transportvorganges zu klassifizieren und zu charakterisieren. Haupteffekte durch die $O_2$-Bindungsbedingungen an Hämoglobin, durch die $O_2$-Transportfunktion des Blutes **(Tabellen 4 und 5, Anhang)** und die dadurch beeinflußte Blutkreislauffunktion **(Tabellen 9 und 10, Anhang)**, die als Faktoren der Klassifizierung genutzt worden sind, werden deutlich erkennbar. Die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten Einflüsse von Entwicklungs- und Adaptationsunterschieden der Kälber im Alter von 8 bis 27 Lebenstagen auf Reaktionsformen und -ausmaße der Tiere bei einem Transportvorgang sind von Bedeutung bei der Einschätzung von Belastungssituationen für die Tiere und bei der Bewertung und Festlegung von Bedingungen für Tiertransporte und auch bei der Nutzung physiologischer Variablen für diagnostische Zwecke sowie für die Festlegung von Grenzwerten in Verbindung mit der Definition tiergerechter Haltungsbedinungen.

Die durch Anpassung der Funktionen und Einstellung der Regulationseinrichtungen auf neue Umgebungsbedingungen sowie Wachstum gekennzeichnete postpartale Entwicklungsperiode hat individuell und insbesondere bei SK und TK eine spezifische Charakteristik. SK weisen in den ersten Lebenswochen individuell unterschiedlich stark ansteigende Wachstumsgeschwindigkeiten auf (Steinhardt et al., 1995a,b), während bei TK im allgemeinen eine Wachstumsverzögerung vorhanden ist, die durch eine größere Anzahl von Faktoren verursacht werden kann. Bemerkenswert sind die bei TK nachweisbaren negativen Beziehungen zwischen Geburtsmasse und Zunahme der KM bis zum Zeitpunkt der Untersuchung, deren Stärke zwischen den Gruppen nach der Entwicklungsqualität unterschiedlich ist. Effekte des maternalen Investment, die auf sozialen Komponenten beruhen, deren Entwicklung und Auslösung über sensorische Afferenzen zustande kommen (Keverne, 1996; Kendrick et al., 1997; Pinheiro Machado et al., 1997; Varendi et al., 1996), und auf solchen materieller Art, die über die Milchmenge und -inhaltstoffe vermittelt werden, sind bei SK an den Wachstumsraten sowie an der Körpertemperatur, am Gesamtproteingehalt und P, an der Schilddrüsenhormon-, Cortisol- und Katecholaminkonzentration des Blutes und der HF zu erkennen. Milchmenge und in der Milch enthaltene Stoffe wie Wachstumsfaktoren, Erythropoietin, Hormone (Amit et al., 1997; Blum et al., 1997; Donovan et al., 1997; Hadorn et al., 1997; Kling et al., 1998; Koldovsky, 1995; Koldovsky und Thornburg, 1987; Kurz und Willet, 1991; Perin et al., 1997;) sind außer den genetischen Faktoren kausal für Entwicklungsdifferenzen der Kälber in Betracht zu ziehen. Wechselbeziehungen zwischen Entwicklungsqualität des Kalbes und maternalem Investment werden durch die Umgebungsbedingungen beeinflußt, so daß Optimierungen derselben auf vorteilhafte Wirkungen dieser drei Seiten beruhen. Bezüglich Stoffwechsel und Wärmeregulation,

Nahrungsaufnahme und Muskeltätigkeit des Kalbes ist neben der regulatorischen Integration vor allem die Einstellung von Regulationseinrichtungen für die Mineralstoffkonzentrationen des Blutes (Abouzite et al., 1997; Cabello und Michel, 1977; Goff et al., 1982;), 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 Abhängigkeit von den kapazitiven Merkmalen der Funktionssysteme von Interesse.

Variationen der Körpertemperatur der Kälber vor dem Transport sind auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Zuverlässige Messungen über periodische Änderungen der RT an Kälbern unter solchen Haltungsbedingungen liegen nicht vor. Energetische Voraussetzungen für die Wärmebildung durch Ausstattung mit Fettreserven und Nahrungsverfügbarkeit sind in den meisten Fällen gewährleistet, die adäquate Nutzbarkeit derselben ist jedoch von der Intaktheit der Regulationseinrichtungen und von den kapazitiven Merkmalen der Funktionssysteme abhängig. Höhere RT der SK stehen mit dem intensiveren Stoffwechsel dieser Tiere in Verbindung.

Bei Kälbern sind mit den Aktivitätsperioden in den ersten Lebenswochen vorrangig das Training motorischer Funktionen (Lauf- und Spielreaktionen) sowie maternaler Kontakt und Nahrungsaufnahme verbunden. Bei allen Gruppen der TK konnten zwischen den Untersuchungen U1, U2 und U3 sichere Korrelationen der RT festgestellt werden, bei den SK war dies nur für die Gruppe Hb<9 möglich. Intraindividuelle Variationen der RT sind bei TK in dieser Altersperiode anscheinend geringer als im späteren Lebensalter, wenn Erkrankungen des Magen-Darm-Systems und auch der Atmungsorgane vermehrt vorkommen.

Für Einschätzungen der Entwicklungsqualität und der Reaktionen der Kälber sind in dieser Untersuchung Konzentrationen von Stoffen genutzt worden, die Turnoverraten 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 der Schilddrüsenhormone zwischen den Untersuchungspunkten vor und nach Transport lassen eine hohe Individualspezifität dieser Variablen erkennen. Auch für Cortisol und Noradrenalin und für Adrenalin bei der Gruppe Hb9-11,5 konnten in den meisten Fällen sichere Korrelationen zwischen den Untersuchungen nachgewiesen werden. Trotz regelmäßiger Änderungen der Variablen unterschiedlichen Grades nach Transport bleibt das individualspezifische Niveau erhalten. Unterschiede der Hormonkonzentrationen zwischen SK und TK, zwischen den Gruppen nach der Hämoglobinkonzentration sowie auch die interindividuellen Variationen stehen mit der Reife der zentralen und peripheren nervalen Funktionen und der Empfindlichkeit und Kapazität der hormonproduzierenden Gewebe in Verbindung, und sie sind auch ein Ausdruck der Hormondisposition, was insbesondere an Reaktionen während des Transportvorganges zu erkennen ist.

Die Plasmaspiegel adrenaler Steroide und Progestine verringern sich in verschiedenem Ausmaße während der ersten Lebenswochen bei Kälbern.

Kontinuierliche Reifung und adaptive Prozesse des sympathischen Nervensystems nach der Geburt und speziell des Nebennierenmarkes hinsichtlich der Bildung und Umwandlung der Katecholamine sind bekannt. Noradrenalin dominiert noch über Adrenalin im Blut bei Jungtieren im Gegensatz zu adulten Individuen. Glukokortikoide beeinflussen die Produktion von Phenyläthanolamin-N-methyltransferase (PNMT), die für die Umwandlung von Noradrenalin zu Adrenalin erforderlich ist. Gemessen an diesen Kriterien ist der Entwicklungsfortschritt der SK gegenüber TK offensichtlich. Alterseffekte waren bei der Noradrenalinkonzentration des Blutplasmas deutlicher hervorgetreten als bei der Adrenalinkonzentration (Steinhardt et al., 1999).

Durchblutung und Sauerstoffversorgung der Körperbereiche sind von Sauerstofftransportvermögen des Blutes und Förderleistung des Herzens abhängig. Die Anpassung der $O_2$-Transportkapazität des Blutes in den ersten Lebenswochen stellt in Abhängigkeit von der Wachstumsintensität hohe Anforderungen an die Erythropoese und Hämoglobinbildung, die häufig durch Mangel an essentiellen Stoffen und Dyserythropoese nur unvollständig möglich sind. Für die Anpassung der Kreislauf- und Sauerstoffversorgungsfunktion bei inadäquater Erythrozytenbildung können mehrere Mechanismen genutzt werden (Dallman, 1981; Hebert et al., 1997). Bei jugendlichen Organismen wird das Herzminutenvolumen bereits bei Hb von 10 bis 11 g/dl vergrößert gegenüber Zuständen mit höheren Hb-Werten. Höhere HF bei Kälbern der Gruppen mit Hb<9 sind in dieser Untersuchung deutlich erkennbar und bei TK sicher nachzuweisen (**Tabellen 9 und 10 (Anhang), Abbildungen 1 und 2**). Die Nutzung der $O_2$-Reserve in Abhängigkeit von der Blutflußgeschwindigkeit und die $O_2$-Abgabe an die Gewebe scheinen bei Kälbern jedoch eingeschränkt zu sein. Wie an $O_2$-Sättigung, HHb und $O_2$Hb zu erkennen ist, spielen Zunahme von Organdurchblutung und stärkere $O_2$-Beladung des Blutes in der Lunge bei Kälbern in diesem Alter eine größere Rolle als die Zunahme der $O_2$-Extraktion. Die systemische $O_2$-Extraktion liegt bei Normoxie bei 55 bis 60 % und steigt bei Hypoxie auf 70 bis 75 % an (Torrance und Wittnich, 1994; van der Hoeven et al., 1997). Einschätzungen mit Hilfe peripherer venöser Blutproben haben einen orientierenden Charakter, sie lassen bei Kälbern beträchtliche interindividuelle Variationen des $O_2$-Gehaltes und der $O_2$-Sättigung erkennen.

Kritische Grade des venösen $O_2$-Gehaltes von etwa 2 bis 3 mmol/l werden bei der Gruppe Hb<9 sowohl bei SK als auch bei TK unmittelbar nach Transport und am folgenden Tage erreicht. Erhöhte und auch nach Transport noch weiter vergrößerte Laktatkonzentrationen deuten auf eine ungenügend nutzbare $O_2$-Reserve und auf hypoxische Zustände unterschiedlichen Grades einiger Gewebe bei einem Anteil der Kälber hin. Bei neugeborenen Kälbern (6

bis 11 Std. post partum) ist die Insulinresistenz hypoxischer Tiere mit Hypoglykämie und Änderungen des Umsatzes endokriner Metaboliten verbunden (Cheng et al., 1997). Über die Blutglukoseregulation bei hypoxischen Kälbern in den ersten Lebenswochen ist wenig bekannt. Die auffallend großen Variationen der Glukosekonzentration bei Kälbern im Alter von 2 bis 3 Wochen lassen keinen gerichteten Effekt der Transportbelastung erkennen. Eine besonders vorsichtige Einschätzung der Variabilität der Glukosekonzentration im Blut bei Tieren in den ersten Lebenswochen erscheint notwendig, da hypoxische Situationen in diesem Alter häufiger vorkommen können.

$O_2$-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 wenn dieses durch die bei Adulten vorkommenden Varianten HbA und HbB ersetzt wird dokumentiert ist (Gustin et al., 1997),. 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 6mal höherer Konzentration vorhandene allosterische Modulator DPG (Gustin et al., 1997; Studzinski und Czarnecki, 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 kann (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.

Die mit dem Transportvorgang verbundenen Steigerungen der Erregung und körperlichen Aktivierungen haben Abnahmen der KM und Erhöhungen der RT, der HF, der Cortisol- und Laktatkonzentration sowie von Hb zur Folge. Zeitliche Beziehungen der Auslösung der Reaktionen, Ort und Art des Eintritts der Stoffe in den Blutkreislauf, vom spezifischen Organdurchblutungsgrad und von der Kreislaufzeit abhängige Verteilungsgeschwindigkeit und damit Kinetik der Konzentration im zentralen Kreislauf und die Geschwindigkeit der Blutentnahme sind von Bedeutung und bei der Interpretation der Befunde zu berücksichtigen. Bei aufeinanderfolgenden Perioden unterschiedlicher Erregungs- und Belastungsintensität der Tiere wie bei Transport ist mit kumulativen Effekten zu rechnen, wenn die Zeitabstände zwischen diesen für die Wiederherstellung von Gleichgewichtszuständen nicht ausreichen.

Die bei den Gruppen nach der Entwicklungsqualität und zwischen SK und TK vorhandenen Unterschiede der Verteilung physiologischer Variablen bleiben während und nach Transportbelastung nicht in allen Fällen bestehen. Abweichungen physiologischer Variablen im Rahmen der regulatorischen Reserve gehen stets einem Grenzwert entgegen, und da bei SK bereits beträchtliche Steigerungen der Schilddrüsenhormonkonzentrationen sowie auch der HF bestehen, werden Differenzierungen zwischen den Gruppen hier im Falle von Belastungen weniger oder gar nicht offensichtlich, bei TK treten sie jedoch noch deutlicher hervor, und zwar während der gewohnten Umgebungsbedingungen im Stall und dann während des Aufenthaltes auf dem stehenden Transportfahrzeug (**Abbildung 2**), nicht dagegen während des Transportes und Entladens. Bei den SK sind stärkere Reaktionen bei der Gruppe Hb<9 nachweisbar, wie dies für die Variablen Noradrenalin, T4, FT4, T3 und FT3 der Fall ist. Mittelwertunterschiede der Abweichungen der Variablen nach Transport zwischen SK und TK sind daher häufiger in den Gruppen Hb<9 und Hb9-11,5 zu finden als in der Gruppe Hb>11,5.

Die Plasmacortisolkonzentration 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 Reaktivität des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems, die Qualität der Cortisoldisposition und die Dynamik der Konzentrationsänderung sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Unterschiede zwischen SK und TK und zwischen den Gruppen nach Entwicklungsqualität diesbezüglich gehen aus der vorliegenden Untersuchung deutlich hervor. 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. 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 (Gayrard et al., 1996). Es ist davon auszugehen, daß die

intravasale Proteinmenge und deren Eigenschaften bei dem Verteilungsvolumen des Cortisols eine größere Rolle spielen und in Verbindung mit Kreislaufzeit und Blutflußverteilung Effekte auf die Disposition des Cortisols haben können. Unterschiedliche Bindungsorte und -eigenschaften von Albuminen bei verschiedenen Tierarten sind nachgewiesen worden (Kosa et al., 1997; Rashid et al., 1998). Bent-Hansen (1997) fand 10- bis 20mal größere transendotheliale Albuminfluxe, als sie bei Einschätzungen aus dem Lymphrückstrom erreicht wurden. Der Anteil des freien Cortisols ändert sich bei verschiedenen Produktionsraten und Konzentrationen des Cortisols im Blut (Aardal und Holm, 1995) und auch in Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bedingungen (Haourigui et al. 1993; Obminski und Stupnicki, 1996;). Durch Heparin induzierte Lipolyse führte bei Ratten zu einem Anstieg der Freien Fettsäuren (FFS) und zu einer 2- bis 3-fachen 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 Belastungsreaktionen gewertet (Fell und Shutt, 1986), stehen jedoch wahrscheinlich in einem Zusammenhang mit der Cortisoldisposition.


**Zusammenfassung**

Saugkälber (SK) der Mutterkuhhaltung und Milchrindkälber (TK) wurden in der zweiten und dritten Lebenswoche einheitlich vorgenommenen Transportvorgängen ausgesetzt. Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz wurden mit Punktmessungen von Körpergewicht, Körpertemperatur und Blutentnahmen vor und nach Transport kombiniert angewendet. In venösen Blutproben wurden Säure-Basen-Status sowie hämatologische, metabolische und hormonelle Variablen bestimmt. Mit Hilfe der Hämoglobinkonzentration des Blutes wurden Gruppen der Entwicklungsqualität der Kälber gebildet: Hb<9 g/dl; Hb9,1-11,5 g/dl und Hb>11,5 g/dl. Vor und nach Transport und am folgenden Tage bestanden Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen bei Hb, Hk $O_2$CONT, $O_2$CAP, COHb, MetHb, Fe. Abnahmen der Körpermasse und Zunahmen von Körpertemperatur und HF sowie der Plasmacortisolkonzentration nach Transport waren in allen Gruppen vorhanden. Vergrößerungen von Hb waren nur bei SK und solche von Noradrenalin bei den Gruppen Hb<9 und Hb<11,5 bei SK nachzuweisen. Zunahmen von T4 und FT4 nach Transport und am folgenden Tag waren bei allen Gruppen der TK und bei der Gruppe Hb<9 der SK vorhanden. Änderungen der Noradrenalinkonzentration nach gegenüber vor Transport wiesen zum Ausgangswert bei allen Gruppen der TK negative Beziehungen auf. Für die Konzentrationen von Gesamtprotein, Albumin, T4, FT4, T3, FT3 und Hb konnten zwischen den Untersuchungspunkten hohe Korrelationen gefunden werden. SK haben gegenüber TK größere Körpertemperaturen und HF sowie höhere Kon-zentrationen von Gesamtprotein, P, Adrenalin, T4, FT4 und FT3 und in den meisten Fällen kleinere Cortisol- und Laktatkonzentrationen.



**Maturity of suckler calves and dairy calves at the second and third week of postnatal age and forms of reaction of the animals to transport by road**

Suckler calves (SK) from the mother cow herd and dairy calves (TK) were exposed to transport stress at the second and third week of postnatal age. 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 reaction patterns of calves with different development quality. Venous blood samples were analyzed for acid base balance, gas content, hemoglobin derivatives and hemoglobin variants, protein, metabolites, minerals, noradrenaline, adrenaline, thyroid hormones and cortisol. According to the hemoglobin content of blood animals were allocated into the following groups: Hb<9 g/dl, Hb 9,1-11,5 g/dl and Hb>11,5 g/dl. Before and just after transport and at the following day between group differences existed for Hb, Hk, $O_2$CONT, $O_2$CAP, COHb, MetHb, Fe. Loss of body weight and increase of body temperature, heart rate and plasma cortisol concentration could be found in all groups. Increases of Hb occured in SK and those of noradrenaline concentration in the group Hb<9 and in the group Hb>11,5 from SK. T4 and FT4 concentration were higher after transport and at the following day in all groups of TK and in the group Hb<9 of SK. Changes of noradrenaline concentration after transport had a strong relationship with the before transport starting values in all groups of TK. Significant correlations could be found for total protein, albumin, T4, FT4, T3, FT3 and Hb between sampling points before and after transport meaning there was high individual specificity of these measures. Body temperature, heart rate and the concentrations of total protein, P, adrenaline, T4, FT4 and FT3 were higher and in most cases concentrations of plasma cortisol and lactate were lower in SK than in TK. 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): Dévelopement postnatal du pouvoir de concentration rénal, du système rénine-angiotensine et des hormones cortico-surréaliennes chez de veau. - Reprod. Nutr. Deve. 37, S. 285-292.

Alfonso, L., Fustes, E. and Figueredo, J. M. (1985): Transport of calves. I. Influence of management on blood picture. - Revist. de Salud Animal 7, S. 101-106.

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.

Atkinson, P. J. (1992): Investigation of the effects of transport and lairage on hydration state and resting behaviour of calves for export. - Vet. Rec. 130, S. 413-416.

Bent-Hansen, L. (1997): Whole body capillary exchange of albumin. - Danish Medical Bulletin 44, S. 40-53.

Blum, J. W., Hadorn, U., Sallmann, H.-P. and Schuep, W. (1997): Delaying colostrum intake by one day mpairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and α-tocopherol status in neonatal calves. - J. Nutr. 127, S. 2024-2029.

Boonstra, R. and Tinnikov, A. (1998): Increased corticosteroid binding capacity of plasma albumin but not of corticosteroid-binding globulin caused by ACTH-induced changes in free fatty acid concentrations in snowshoe hares and rabbits. - J. Endocrinol. 156, S. 205-212.

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 $CO_2$ 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 $O_2$ and $CO_2$ in newborn lamb. - 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.

Cook, C. J. and Jacobson, L. H. (1995): Salivary cortisol as an indicator of stress in sheep. - N. Z. Vet. J. 43, S. 248.

Dallman, P. R. (1981): Anemia of prematurity. - Ann. Rev. Med. 32, S. 143-160.

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.

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.

Gayrard, 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 as parturition on the vitamin D status of the neonatal calf. - J. Nutr. 112, S. 1387-1393.

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.

Hadorn, U., Hammon, H., Bruckmaier, R. M. and Blum, J. W. (1997): Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. - J. Nutr. 127, S. 2011-2023.

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.

Hartmann, H., Meyer, H., Steinbach, G. und Finger, B. (1973): Zur Reaktion des Kälberorganismus auf Transportbelastungen. - Mh. Vet. med. 28, S. 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.

Kendrick, K. M., Da Costa, A. P. C., Broad, K. D., Ohkura, S., Guevara, R., Levy, F. and Keverne, E. B. (1997): Neural control of maternal behaviour and olfactory recognition of offspring. - Brain Res. Bull. 44, S. 383-395.

Kent, J. E. and Ewbank, R. (1986): The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. II. One to three weeks old. - Br. vet. J. 142, S. 131-140.

Keverne, E. B. (1996): Psychopharmacology of maternal behaviour. - J. Psychopharmacology 10, S. 16-22.

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. 215-221.

Kosa, T., Maruyama, T. and Otagiri, M. (1997): Species differences of serum albumins: I. Drug binding sites. - Pharmaceutical Res. 14, S, 1607-1612.

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.

Kurz, M. M. and Willett, L. B. (1991): Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. - J. Dairy Sci. 74, S. 2109-2118.

Marti, O., Martin, M., Gavalda, 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, S. 159-164.

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.

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., Mc Crabb, G. J., Billings, K. and Harding, R. (1995): Ventilatory responses to progressive hypoxia and hypercapnia in developing sheep. - Respiration Physiol. 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.

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.

Perin, N. M., Clandinin, M. T. and Thomson, A. B. R. (1997): Importance of milk and diet on the ontogeny and adaptation of the intestine. - J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 24, S. 419-425.

Pinheiro Machado F. L. C., Hurnik, J. F. and Burton, J. H. (1997): The effect of amniotic fluid ingestion on the nociception of cows. - Physiol. Behav. 62, S. 1339-1344.

Rashid, H., Muzammil, S. and Tayyab, S. (1998): Comparison of bilirubin binding and other molecular properties of the serum albumin of several mammalian species. - Biochem. Molec. Biol. Intern. 44, S. 165-173.

Rosner, W. (1991): Plasma steroid-binding proteins. Endocrinol. - Metab. Clin. North Am. 20, S. 697-720.

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., Bönner, S. und Smidt, D.(1995a): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Lebensalters- und Körpermassebereiche der Kälber. - Landbauforschung Völkenrode 45, S. 113-121.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Bönner, S. und Smidt, D. (1995b): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Alter des Muttertieres und Merkmale des Kalbes. - Landbauforschung Völkenrode 45, S. 177-190.

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., Dehn, H., Lehr, A., Lottmann, S. und Grünberg, W. (1996b): 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., Thielscher, H.-H. und Grünberg, W. (1999): Geschlechtsspezifische Entwicklung physiologischer Variablen der Kälber während der Aufzucht und Reaktionen auf Transport mit Straßenfahrzeugen. - Landbauforschung Völkenrode 49, S. 21-47.

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.

Teitel, D. F. (1996): Fetal chemoreception: a developing story. - Reprod. Fertil. Dev. 8, S. 471-482.

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, 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.

Varendi, H., Porter, R. H. and Winberg, J. (1996): Attractiveness of amniotic fluid odor: evidence of prenatal olfactory learning? - Acta Paediatr. 85, S. 1223-1227.

Völker, H., Furcht, G., Stolpe, J. und Bauer, U. (1973): Zur Stressproblematik des Kälbertransportes unter den Anforderungen industriemäßiger Tierproduktion.

Die Stressituation und Stressreaktion transportierter Kälber. - Arch. exper. Vet. med. 27, S. 555-569.
Volkinsfeld, C. (1983): The course of the blood serum values in calves after transportation and stalling. - In: Sommer, H.: First Conference of the International Society of Animal Clinical Biochemistry. August/September 1983, Bonn, German Federal Republic, Institut für Anatomie der Haustiere, S. 525-530.

Verfasser: Steinhardt, Martin, Dr. med. vet. habil.; Thielscher, Hans-Hermann, 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: Tabellen

**Tabelle 1:** Alter, Körpermasse und hämatologische Blutwerte bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK), Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Hb<9 g/dl | Hb 9-11,5 g/dl | Hb>11,5 g/dl |
|---|---|---|---|---|---|
| Alter (d) | SK | n | 22 | 16 | 9 |
| | | x | 15,6 | 15,8[d] | 12,8[e] |
| | | s | 5,3 | 4,1 | 3,0 |
| | | min | 9,0 | 10,0 | 10,0 |
| | | max | 26,0 | 25,0 | 17,0 |
| | TK | n | 24 | 22 | 19 |
| | | x | 11,9* | 10,9* | 10,5+ |
| | | s | 3,5 | 2,9 | 2,3 |
| | | min | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| | | max | 21,0 | 17,0 | 17,0 |
| KM (kg) | SK | n | 22 | 17 | 9 |
| | | x | 56,6 | 55,0 | 53,7 |
| | | s | 8,4 | 7,5 | 5,8 |
| | | min | 47,5 | 39,7 | 45,2 |
| | | max | 77,6 | 71,3 | 61,6 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 |
| | | x | 45,4* | 45,3* | 45,3* |
| | | s | 6,3 | 5,0 | 3,5 |
| | | min | 31,1 | 36,4 | 41,2 |
| | | max | 55,3 | 55,5 | 52,0 |
| Hb (g/dl) | SK | n | 22 | 17 | 9 |
| | | x | 7,6[a] | 10,1[b,d] | 12,7[c,e] |
| | | s | 1,4 | 0,7 | 0,7 |
| | | min | 4,0 | 9,1 | 11,7 |
| | | max | 9,0 | 11,2 | 13,4 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 |
| | | x | 7,4[a] | 10,2[b,d] | 12,6[c,e] |
| | | s | 1,0 | 0,8 | 0,9 |
| | | min | 4,2 | 9,1 | 11,6 |
| | | max | 8,9 | 11,5 | 14,5 |
| Hk (%) | SK | n | 22 | 17 | 9 |
| | | x | 25,6[a] | 32,9[b,d] | 38,7[c,e] |
| | | s | 3,7 | 2,6 | 2,3 |
| | | min | 15,0 | 29,0 | 36,0 |
| | | max | 31,0 | 38,0 | 42,0 |
| | TK | n | 23 | 22 | 19 |
| | | x | 25,8[a] | 33,6[b,d] | 41,6*[c,e] |
| | | s | 3,5 | 3,2 | 3,9 |
| | | min | 18,0 | 28,0 | 34,0 |
| | | max | 33,0 | 39,0 | 49,0 |

+, * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, + $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 2:** Cortisolkonzentration, Körpertemperatur (RT), Gesamtprotein und Albumin bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| Cortisol (µg/dl) | SK | n | 20 | 16 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 2,0 | 1,7 | 1,8 | 0,8 | 0,8 | 1,0 |
| | | s | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,9 |
| | | min | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| | | max | 2,1 | 1,7 | 1,5 | 3,9 | 3,1 | 3,2 | 2,6 | 1,8 | 2,8 |
| | TK | n | 21 | 22 | 17 | 25 | 20 | 14 | 29 | 18 | 18 |
| | | x | 1,4$^{+}$ | 1,1 | 1,1 | 2,9$^{+}$ | 3,4* | 3,0* | 1,3$^{+}$ | 1,1 | 1,5 |
| | | s | 1,2 | 1,3 | 0,7 | 1,8 | 2,1 | 1,4 | 1,1 | 0,7 | 1,4 |
| | | min | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,0 | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 0,0 |
| | | max | 4,6 | 4,7 | 2,5 | 6,0 | 10,5 | 5,3 | 4,7 | 3,3 | 6,3 |
| RT (°C) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 8 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 39,4$^{a}$ | 39,1$^{b,d}$ | 39,6$^{e}$ | 39,5 | 39,6 | 39,6 | 39,3 | 39,4 | 39,4 |
| | | s | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3 |
| | | min | 38,6 | 38,4 | 39,0 | 38,6 | 38,9 | 39,0 | 38,7 | 38,4 | 39,0 |
| | | max | 40,3 | 39,6 | 40,0 | 40,4 | 41,3 | 40,2 | 40,2 | 40,5 | 39,9 |
| | TK | n | 22 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 38,8$^{*,a}$ | 39,0 | 39,0$^{*,c}$ | 39,2$^{+}$ | 39,2* | 39,4 | 38,9* | 38,9* | 39,0* |
| | | s | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| | | min | 38,1 | 38,5 | 38,4 | 38,2 | 38,5 | 38,4 | 38,3 | 38,2 | 38,0 |
| | | max | 39,5 | 39,5 | 39,5 | 39,8 | 39,8 | 40,2 | 40,0 | 39,5 | 39,5 |
| Gesamtprotein (g/l) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 54,1$^{a}$ | 53,3$^{d}$ | 59,4$^{c,e}$ | 53,2$^{a}$ | 53,6$^{d}$ | 61,3$^{c,e}$ | 52,1 | 51,5 | 56,8 |
| | | s | 8,0 | 6,8 | 6,5 | 6,6 | 9,3 | 8,0 | 10,0 | 11,0 | 7,1 |
| | | min | 36,2 | 43,9 | 51,2 | 40,5 | 38,2 | 50,8 | 23,1 | 33,7 | 47,9 |
| | | max | 73,6 | 67,6 | 73,2 | 64,3 | 72,9 | 73,8 | 64,6 | 68,0 | 69,6 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 46,8* | 48,1$^{+}$ | 48,0* | 47,0* | 47,2$^{+}$ | 47,1* | 48,1$^{+}$ | 45,0$^{+}$ | 48,2* |
| | | s | 6,1 | 8,8 | 6,6 | 7,4 | 8,8 | 6,8 | 7,5 | 7,9 | 7,0 |
| | | min | 36,0 | 27,3 | 37,4 | 33,6 | 29,8 | 30,1 | 32,7 | 26,9 | 39,2 |
| | | max | 59,0 | 71,3 | 60,5 | 63,0 | 70,8 | 60,0 | 71,6 | 60,7 | 64,6 |
| Albumin (g/l) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 28,1 | 29,2 | 27,4 | 28,4 | 29,4 | 28,7 | 27,4 | 28,6 | 27,0 |
| | | s | 3,5 | 4,4 | 3,0 | 2,8 | 3,8 | 2,7 | 3,5 | 4,2 | 3,4 |
| | | min | 21,5 | 20,5 | 22,9 | 24,5 | 22,0 | 24,0 | 19,0 | 19,0 | 21,4 |
| | | max | 35,8 | 35,5 | 32,3 | 36,0 | 35,8 | 32,2 | 34,4 | 34,4 | 31,4 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 29,3 | 29,0 | 29,0 | 30,0 | 28,2 | 28,6 | 30,1$^{*,a}$ | 27,8$^{b,d}$ | 30,2$^{*,e}$ |
| | | s | 3,6 | 4,1 | 2,8 | 4,6 | 4,0 | 3,7 | 4,1 | 3,7 | 2,4 |
| | | min | 22,1 | 17,2 | 23,0 | 21,1 | 19,7 | 17,9 | 19,6 | 17,3 | 25,3 |
| | | max | 34,9 | 34,8 | 35,1 | 37,8 | 34,3 | 32,8 | 37,4 | 34,9 | 35,8 |

$^{+}$, * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, $^{+}$ $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 3:** Säure-Basen-Status des Blutes bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| pH | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 8 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 7,354 | 7,347 | 7,4 | 7,342 | 7,345 | 7,348 | 7,345 | 7,356 | 7,332 |
| | | s | 0,026 | 0,036 | 0,0 | 0,043 | 0,030 | 0,017 | 0,061 | 0,061 | 0,033 |
| | | min | 7,293 | 7,275 | 7,3 | 7,250 | 7,296 | 7,328 | 7,080 | 7,182 | 7,276 |
| | | max | 7,401 | 7,406 | 7,4 | 7,402 | 7,386 | 7,368 | 7,406 | 7,471 | 7,383 |
| | TK | n | 22 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 7,351 | 7,354 | 7,3 | 7,367+a | 7,332b | 7,325c | 7,339 | 7,339 | 7,315 |
| | | s | 0,036 | 0,040 | 0,1 | 0,042 | 0,067 | 0,079 | 0,033 | 0,039 | 0,057 |
| | | min | 7,288 | 7,273 | 7,1 | 7,307 | 7,115 | 7,082 | 7,242 | 7,281 | 7,121 |
| | | max | 7,450 | 7,425 | 7,4 | 7,452 | 7,409 | 7,406 | 7,402 | 7,419 | 7,376 |
| $pCO_2$ (mmHg) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 8 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 54,3 | 55,2 | 53,8 | 53,2a | 55,9b | 55,4 | 53,9a | 54,1 | 57,7c |
| | | s | 4,0 | 3,6 | 7,1 | 4,7 | 3,2 | 5,3 | 4,5 | 7,9 | 5,1 |
| | | min | 46,8 | 47,6 | 36,5 | 45,8 | 50,8 | 44,5 | 44,6 | 40,3 | 48,5 |
| | | max | 63,0 | 62,8 | 59,3 | 67,0 | 62,6 | 61,9 | 62,0 | 74,3 | 63,9 |
| | TK | n | 22 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 54,1a | 56,8b | 54,4 | 53,9 | 56,0 | 57,0 | 54,6a | 56,1 | 56,4c |
| | | s | 3,6 | 5,1 | 4,7 | 5,5 | 5,5 | 6,7 | 3,8 | 3,9 | 3,7 |
| | | min | 47,5 | 47,9 | 45,7 | 43,1 | 45,0 | 44,9 | 46,8 | 50,8 | 49,5 |
| | | max | 60,1 | 68,5 | 63,9 | 65,2 | 66,6 | 73,1 | 63,0 | 63,0 | 63,6 |
| BE (mmol/l) | SK | n | 22 | 17 | 8 | 19 | 21 | 8 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 4,3 | 4,1 | 4,2 | 2,9a | 4,4b | 3,5 | 3,8 | 4,2 | 4,0 |
| | | s | 2,0 | 2,5 | 3,6 | 3,1 | 2,0 | 3,7 | 3,5 | 2,7 | 3,6 |
| | | min | 1,0 | -2,4 | -0,9 | -4,2 | 0,1 | -1,4 | -7,2 | -1,7 | -2,0 |
| | | max | 7,8 | 8,4 | 10,4 | 6,7 | 8,1 | 8,8 | 8,2 | 8,0 | 8,5 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 4,2 | 5,3d | 2,4e | 5,0* | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,9 | 2,3 |
| | | s | 2,8 | 2,6 | 4,6 | 2,5 | 5,1 | 5,3 | 3,5 | 2,0 | 4,4 |
| | | min | -2,6 | -0,7 | -11,0 | -1,7 | -12,9 | -13,8 | -6,0 | 0,5 | -10,0 |
| | | max | 9,8 | 10,0 | 8,4 | 9,2 | 8,6 | 8,5 | 10,7 | 7,6 | 8,5 |
| $HCO_3$ (mmol/l) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 28,7 | 28,8 | 28,8 | 27,3a | 28,9b | 28,0 | 28,4 | 28,5 | 29,1 |
| | | s | 2,0 | 2,4 | 3,9 | 2,8 | 1,9 | 4,2 | 3,1 | 2,4 | 3,6 |
| | | min | 25,7 | 22,5 | 21,3 | 21,1 | 25,0 | 20,8 | 19,9 | 22,4 | 23,3 |
| | | max | 31,8 | 32,9 | 34,2 | 30,7 | 32,1 | 33,6 | 32,7 | 32,0 | 32,8 |
| | TK | n | 23 | 22 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 28,7 | 28,9 | 27,5 | 28,6 | 27,9 | 28,5 | 28,1 | 28,7 | 27,5 |
| | | s | 2,5 | 5,6 | 3,9 | 3,4 | 6,0 | 4,6 | 3,3 | 1,6 | 3,8 |
| | | min | 22,3 | 6,6 | 17,1 | 16,7 | 6,1 | 14,4 | 19,3 | 25,5 | 18,5 |
| | | max | 34,1 | 34,6 | 31,8 | 33,1 | 34,1 | 32,6 | 34,8 | 31,5 | 32,9 |

+, * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, + $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 4:** Sauerstoffgehalt, Noradrenalin- und Adrenalinkonzentration des Blutes bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| $O_2$CONT (mmol/l) | SK | n | 12 | 13 | 9 | 11 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| | | x | 5,8[a] | 7,2[b,d] | 12,0[c,e] | 5,6[a] | 6,8[b,d] | 9,3[c,e] | 5,4[a] | 7,3[b,d] | 9,9[c,e] |
| | | s | 1,2 | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,3 | 2,7 | 1,2 | 1,8 | 1,4 |
| | | min | 3,0 | 4,6 | 8,9 | 2,6 | 4;9 | 6,2 | 2,7 | 5,2 | 8,1 |
| | | max | 8,0 | 11,2 | 14,8 | 8,6 | 9,4 | 15,2 | 7,5 | 10,9 | 12,0 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 5,2[a] | 7,6[b,d] | 9,8[+c,e] | 6,0[a] | 8,6[*,b] | 9,3[c] | 5,0[a] | 8,0[b,d] | 9,6[c,e] |
| | | s | 1,1 | 1,9 | 2,7 | 1,6 | 1,6 | 2,0 | 1,6 | 1,5 | 2,1 |
| | | min | 3,7 | 4,8 | 7,1 | 3,8 | 5,5 | 6,9 | 2,4 | 5,2 | 6,4 |
| | | max | 6,7 | 10,7 | 13,5 | 9,7 | 12,4 | 12,3 | 8,7 | 10,4 | 12,6 |
| $O_2$CAP (mmol/l) | SK | n | 12 | 13 | 9 | 10 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| | | x | 10,5[a] | 12,8[b,d] | 15,7[c,e] | 10,3[a] | 12,7[b,d] | 16,1[c,e] | 10,2[a] | 12,8[b,d] | 15,7[c,e] |
| | | s | 1,2 | 1,8 | 3,5 | 0,9 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | 0,5 |
| | | min | 7,4 | 10,9 | 6,6 | 9,1 | 11,1 | 14,3 | 6,2 | 10,4 | 14,9 |
| | | max | 11,8 | 17,9 | 17,9 | 11,5 | 14,7 | 18,2 | 11,6 | 14,4 | 16,5 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 9,5[+,a] | 13,0[b,d] | 16,2[c,e] | 9,9[a] | 13,7[+,b,d] | 16,1[c,e] | 9,4[a] | 13,2[b,d] | 15,8[c,e] |
| | | s | 0,9 | 1,3 | 1,6 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,6 | 1,0 | 1,0 |
| | | min | 8,1 | 11,0 | 14,8 | 8,0 | 11,6 | 15,0 | 5,8 | 11,5 | 14,1 |
| | | max | 10,7 | 15,1 | 19,2 | 11,6 | 15,2 | 17,4 | 11,7 | 14,8 | 18,1 |
| Nor-adrenalin (ng/ml) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 20 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 0,62[a] | 0,47[b] | 0,46 | 0,76[a] | 0,55[b] | 0,55 | 0,53[a] | 0,67[d] | 0,36[c,e] |
| | | s | 0,35 | 0,20 | 0,19 | 0,44 | 0,19 | 0,23 | 0,31 | 0,36 | 0,12 |
| | | min | 0,23 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,32 | 0,25 | 0,22 | 0,18 |
| | | max | 1,49 | 0,91 | 0,76 | 1,56 | 0,96 | 1,01 | 1,63 | 1,58 | 0,52 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 0,59[a] | 0,75[*,b] | 0,60 | 0,67 | 0,73[+] | 0,71 | 0,68[+] | 0,70 | 0,65[*] |
| | | s | 0,24 | 0,37 | 0,33 | 0,21 | 0,30 | 0,35 | 0,30 | 0,36 | 0,37 |
| | | min | 0,29 | 0,15 | 0,22 | 0,34 | 0,16 | 0,20 | 0,28 | 0,22 | 0,19 |
| | | max | 1,32 | 1,55 | 1,72 | 1,28 | 1,25 | 1,54 | 1,87 | 1,46 | 1,54 |
| Adrenalin (ng/ml) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 20 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 0,07[a] | 0,11[b] | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,06[a] | 0,10[b] | 0,09 |
| | | s | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,07 |
| | | min | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| | | max | 0,24 | 0,31 | 0,13 | 0,58 | 0,25 | 0,16 | 0,19 | 0,27 | 0,25 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 19 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 0,03[*,a] | 0,05[*,b] | 0,04 | 0,04[+,a] | 0,07[b] | 0,05[+] | 0,05 | 0,06[+] | 0,05 |
| | | s | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,03 |
| | | min | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| | | max | 0,06 | 0,20 | 0,15 | 0,11 | 0,18 | 0,15 | 0,11 | 0,20 | 0,11 |

[+], * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, [+] $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 5:** Hämoglobinderivate bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| HHb | SK | n | 12 | 13 | 9 | 11 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| (%) | | x | 41,3[a] | 37,7[d] | 26,8[c,e] | 38,9 | 41,2 | 37,8 | 41,7[a] | 38,9 | 34,0[c] |
| | | s | 8,4 | 10,1 | 9,1 | 7,2 | 4,8 | 9,8 | 3,8 | 7,8 | 7,4 |
| | | min | 24,9 | 20,4 | 16,6 | 24,2 | 32,8 | 15,4 | 33,0 | 20,2 | 22,3 |
| | | max | 56,7 | 49,0 | 42,0 | 48,6 | 47,9 | 47,1 | 46,3 | 48,6 | 41,4 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 41,7 | 37,5 | 36,0[+] | 34,8 | 35,1* | 38,2 | 42,1[a] | 36,3[b] | 35,8[c] |
| | | s | 5,4 | 9,0 | 10,4 | 12,5 | 6,9 | 6,8 | 7,4 | 6,9 | 9,6 |
| | | min | 31,8 | 21,2 | 21,1 | 0,3 | 17,3 | 27,9 | 24,6 | 20,8 | 18,1 |
| | | max | 50,5 | 47,9 | 44,7 | 46,9 | 46,2 | 45,7 | 55,3 | 46,2 | 46,1 |
| $O_2Hb$ | SK | n | 12 | 13 | 9 | 11 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| (%) | | x | 51,1[a] | 52,0[d] | 68,2[c,e] | 48,8 | 48,5 | 53,7 | 48,1[a] | 51,4 | 59,2[c] |
| | | s | 10,2 | 14,8 | 10,7 | 13,2 | 7,9 | 13,6 | 8,4 | 11,7 | 9,3 |
| | | min | 35,5 | 35,8 | 48,1 | 27,9 | 37,9 | 36,2 | 33,0 | 37,1 | 48,8 |
| | | max | 72,5 | 74,8 | 79,7 | 70,2 | 61,3 | 80,9 | 61,6 | 76,2 | 73,4 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 50,1 | 54,2 | 55,6[+] | 55,5 | 58,3* | 52,2 | 46,3[a] | 56,6[b] | 56,2[c] |
| | | s | 7,9 | 12,2 | 14,0 | 15,8 | 8,5 | 10,9 | 11,4 | 9,5 | 13,0 |
| | | min | 34,6 | 38,4 | 39,6 | 33,4 | 42,4 | 38,5 | 28,6 | 39,2 | 39,0 |
| | | max | 63,2 | 74,2 | 74,9 | 90,9 | 77,2 | 67,1 | 70,7 | 74,9 | 77,6 |
| COHb | SK | n | 12 | 13 | 9 | 11 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| (%) | | x | 2,7[a] | 5,8[b,d] | 1,5[e] | 7,1 | 5,8 | 6,0 | 5,2 | 5,6 | 2,7 |
| | | s | 2,6 | 5,4 | 2,6 | 8,9 | 4,1 | 3,9 | 6,1 | 5,0 | 2,2 |
| | | min | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | max | 5,5 | 13,1 | 7,4 | 25,7 | 15,2 | 13,1 | 21,0 | 15,3 | 5,8 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 4,1 | 4,6 | 4,9[+] | 5,6 | 3,1[+,d] | 6,4[e] | 7,5[a] | 3,3[b] | 5,1[+] |
| | | s | 5,4 | 4,8 | 4,5 | 6,5 | 2,1 | 4,1 | 7,9 | 2,9 | 3,9 |
| | | min | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | max | 19,4 | 16,3 | 12,5 | 19,2 | 6,9 | 12,7 | 26,3 | 10,5 | 11,2 |
| MetHb | SK | n | 12 | 13 | 9 | 11 | 16 | 9 | 12 | 11 | 8 |
| (%) | | x | 4,3 | 4,2[d] | 3,2[e] | 4,7[a] | 3,9[b,d] | 3,1[c,e] | 4,5[a] | 3,8 | 3,8[c] |
| | | s | 1,7 | 0,4 | 1,2 | 0,4 | 1,0 | 1,0 | 1,4 | 1,2 | 0,2 |
| | | min | 0,1 | 3,3 | 0,5 | 3,9 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 3,6 |
| | | max | 6,6 | 4,9 | 4,1 | 5,1 | 4,6 | 3,8 | 5,6 | 4,8 | 4,0 |
| | TK | n | 11 | 16 | 8 | 13 | 14 | 5 | 17 | 14 | 14 |
| | | x | 3,7 | 3,6 | 3,1 | 3,7[+] | 3,3 | 2,8 | 3,8[a] | 3,5[d] | 2,6[*,c,e] |
| | | s | 2,1 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,2 | 1,4 |
| | | min | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,1 |
| | | max | 5,4 | 4,7 | 4,0 | 5,5 | 4,7 | 3,8 | 5,8 | 4,4 | 3,9 |

[+], * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, [+] $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 6:** Schilddrüsenhormone im Blutserum bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| $T_4$ (µg/dl) | SK | n | 14 | 6 | 5 | 13 | 7 | 5 | 14 | 7 | 5 |
| | | x | 10,9 | 12,6[d] | 9,0[e] | 11,7 | 13,0 | 10,6 | 12,0 | 11,9 | 9,6 |
| | | s | 2,5 | 3,2 | 2,2 | 3,0 | 3,1 | 2,0 | 3,1 | 3,0 | 1,9 |
| | | min | 7,3 | 8,2 | 6,6 | 7,0 | 9,4 | 9,0 | 7,3 | 7,7 | 7,6 |
| | | max | 15,7 | 16,0 | 10,9 | 17,3 | 18,1 | 13,8 | 18,0 | 15,2 | 12,6 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 8,3* | 8,6* | 9,1 | 9,8[+] | 9,4* | 10,6 | 10,3[+] | 9,7 | 11,0 |
| | | s | 2,3 | 2,6 | 3,4 | 3,2 | 2,6 | 4,3 | 2,8 | 3,4 | 3,5 |
| | | min | 5,7 | 4,8 | 4,2 | 5,8 | 5,4 | 6,2 | 5,7 | 5,3 | 4,8 |
| | | max | 14,5 | 14,9 | 16,4 | 18,2 | 16,7 | 19,6 | 19,0 | 18,8 | 17,9 |
| $FT_4$ (ng/dl) | SK | n | 14 | 6 | 5 | 13 | 7 | 5 | 14 | 7 | 5 |
| | | x | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| | | s | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| | | min | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 1,6 | 1,0 | 1,5 | 1,4 |
| | | max | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 1,2* | 1,2[*,d] | 1,4[+,e] | 1,3[*,a] | 1,4* | 1,5[+,c] | 1,4[*,a] | 1,5 | 1,7[c] |
| | | s | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| | | min | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,9 |
| | | max | 2,2 | 1,8 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,8 | 2,4 | 3,0 | 3,0 |
| $T_3$ (ng/dl) | SK | n | 7 | 4 | | 6 | 5 | | 7 | 5 | |
| | | x | 214,9[a] | 345,5[b] | | 230,2[a] | 351,6[b] | | 211,8[a] | 324,6[b] | |
| | | s | 48,0 | 46,0 | | 64,3 | 58,7 | | 45,2 | 45,1 | |
| | | min | 139,4 | 282,2 | | 135,3 | 285,7 | | 137,9 | 274,5 | |
| | | max | 285,1 | 391,4 | | 317,7 | 412,4 | | 285,1 | 385,2 | |
| | TK | n | 23 | 22 | 19 | 25 | 19 | 15 | 31 | 18 | 20 |
| | | x | 301,9* | 259,5[+] | 298,8 | 403,7[*,a] | 292,7[b] | 548,5 | 360,0[*,a] | 231,4[*,b,d] | 415,2[e] |
| | | s | 124,7 | 156,9 | 235,3 | 293,9 | 96,9 | 626,9 | 235,2 | 72,9 | 397,1 |
| | | min | 125,3 | 90,9 | 157,0 | 146,3 | 161,0 | 187,5 | 127,9 | 127,3 | 150,2 |
| | | max | 677,2 | 856,6 | 1088,6 | 1419,4 | 475,0 | 2620,5 | 1314,0 | 372,8 | 1925,0 |
| $FT_3$ (pg/ml) | SK | n | 14 | 6 | 4 | 13 | 7 | 4 | 13 | 7 | 5 |
| | | x | 4,3[a] | 5,2[b] | 5,7[c] | 4,9 | 5,4 | 5,2 | 4,5 | 5,2 | 5,0 |
| | | s | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 0,8 | 0,6 | 0,6 |
| | | min | 2,7 | 4,5 | 5,1 | 3,1 | 3,9 | 4,9 | 3,0 | 4,2 | 4,0 |
| | | max | 5,4 | 5,7 | 6,5 | 7,7 | 6,4 | 5,6 | 5,9 | 6,1 | 5,6 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 4,2 | 4,1* | 4,4* | 4,5[a] | 4,6 | 5,1[c] | 4,5 | 4,5[+] | 4,7 |
| | | s | 0,6 | 1,0 | 1,2 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |
| | | min | 3,3 | 2,3 | 2,5 | 3,5 | 2,2 | 3,6 | 2,9 | 3,3 | 3,6 |
| | | max | 5,5 | 6,0 | 8,5 | 6,2 | 7,2 | 7,3 | 6,3 | 6,2 | 6,5 |

[+], * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, [+] $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 7:** Mineralstoffe des Blutes bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb -11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb -11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb -11,5 | Hb>11,5 |
| Ca | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| (mmol/l) | | x | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 3,0 | 3,1[d] | 3,0[e] |
| | | s | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| | | min | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,8 |
| | | max | 3,4 | 3,6 | 3,3 | 3,3 | 3,8 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,2 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 3,1 | 3,1[d] | 3,0[e] | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,0[+] | 3,0 |
| | | s | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| | | min | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,6 |
| | | max | 3,7 | 3,6 | 3,4 | 3,8 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 3,4 | 3,5 |
| Mg | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| (mmol/l) | | x | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,7 |
| | | s | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| | | min | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,0 | 1,3 | 1,4 |
| | | max | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 1,8 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9* | 1,9 | 1,9* |
| | | s | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | | min | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,6 |
| | | max | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,3 |
| P | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| (mg/dl) | | x | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,0 | 8,5 | 8,2 | 8,2 | 8,4 | 8,4 |
| | | s | 1,1 | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 1,3 | 1,3 |
| | | min | 5,6 | 6,4 | 5,2 | 5,4 | 6,4 | 5,1 | 5,8 | 4,7 | 6,4 |
| | | max | 10,2 | 10,0 | 10,5 | 9,4 | 10,3 | 10,5 | 9,7 | 9,9 | 9,7 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 7,5* | 7,6* | 7,4 | 7,6 | 7,5* | 7,5 | 7,5* | 7,1* | 7,4[+] |
| | | s | 0,7 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| | | min | 5,7 | 5,6 | 5,7 | 5,2 | 5,6 | 5,3 | 5,5 | 5,2 | 6,3 |
| | | max | 8,7 | 9,7 | 8,8 | 9,2 | 9,7 | 9,7 | 9,4 | 9,1 | 8,8 |
| Fe | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| (µmol/l) | | x | 7,4[a] | 16,1[b] | 14,0[c] | 5,9[a] | 17,1[b] | 16,2[c] | 8,8[a] | 16,4[b] | 17,0[c] |
| | | s | 4,6 | 9,3 | 6,5 | 2,8 | 9,6 | 6,5 | 6,4 | 11,5 | 5,3 |
| | | min | 2,9 | 5,0 | 5,2 | 3,1 | 6,4 | 5,3 | 2,8 | 4,5 | 8,6 |
| | | max | 18,5 | 44,1 | 23,6 | 14,2 | 51,1 | 26,3 | 27,2 | 51,0 | 24,4 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 7,0[a] | 12,7[b] | 15,6[c] | 6,4[a] | 15,8[b] | 15,9[c] | 7,6[a] | 18,0[b] | 18,8[c] |
| | | s | 5,0 | 5,3 | 6,4 | 2,5 | 5,5 | 7,8 | 4,2 | 8,1 | 9,9 |
| | | min | 2,0 | 6,4 | 4,3 | 2,6 | 6,6 | 4,5 | 2,5 | 4,4 | 4,9 |
| | | max | 25,5 | 27,1 | 30,1 | 13,0 | 26,0 | 34,7 | 20,9 | 32,6 | 41,8 |

[+], * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, [+] $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 8:** Biochemische Blutwerte bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Transport | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | vor | | | unmittelbar nach | | | folgender Tag | | |
| | | | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 | Hb<9 | Hb 9-11,5 | Hb>11,5 |
| Glukose (mg/dl) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 98,8 | 103,2 | 85,4 | 92,2 | 104,0[d] | 81,9[e] | 98,9 | 102,1 | 91,5 |
| | | s | 9,0 | 28,3 | 18,8 | 17,0 | 31,1 | 16,4 | 30,2 | 17,1 | 10,2 |
| | | min | 69,5 | 49,1 | 49,5 | 38,9 | 72,2 | 51,9 | 10,4 | 73,2 | 70,1 |
| | | max | 105,0 | 163,0 | 113,0 | 115,0 | 194,0 | 102,0 | 177,0 | 145,0 | 101,0 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 94,1 | 98,7 | 96,7 | 98,0 | 94,4 | 88,3 | 86,9 | 87,7[+] | 83,3 |
| | | s | 26,6 | 20,3 | 26,2 | 28,0 | 32,0 | 12,8 | 20,8 | 28,2 | 18,9 |
| | | min | 64,7 | 68,9 | 64,8 | 64,1 | 55,0 | 71,8 | 54,8 | 55,4 | 59,1 |
| | | max | 175,0 | 151,0 | 168,0 | 193,0 | 189,0 | 119,0 | 175,0 | 173,0 | 136,0 |
| Laktat (mg/dl) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 6,7 | 7,5 | 6,1 | 14,0[a] | 7,8[b] | 7,8[c] | 7,5[a] | 9,0[d] | 5,3[c,e] |
| | | s | 2,3 | 3,7 | 1,7 | 14,6 | 2,0 | 3,8 | 2,2 | 5,1 | 2,1 |
| | | min | 3,2 | 2,8 | 4,4 | 1,8 | 4,5 | 3,9 | 4,5 | 3,5 | 3,0 |
| | | max | 12,5 | 17,9 | 9,3 | 68,0 | 12,0 | 15,2 | 13,5 | 25,0 | 9,7 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 8,8[+] | 9,5 | 7,6 | 13,7 | 13,5[+] | 12,9[+] | 8,2 | 7,4 | 7,9[+] |
| | | s | 4,3 | 5,5 | 3,3 | 8,3 | 10,8 | 5,9 | 3,1 | 3,2 | 3,7 |
| | | min | 4,2 | 3,7 | 2,6 | 3,4 | 4,9 | 4,7 | 2,7 | 2,9 | 2,6 |
| | | max | 25,0 | 29,7 | 16,6 | 43,2 | 54,2 | 27,7 | 17,9 | 16,2 | 15,4 |
| Harnstoff (mg/dl) | SK | n | 22 | 17 | 9 | 19 | 21 | 9 | 24 | 16 | 8 |
| | | x | 24,5 | 20,5 | 25,2 | 26,2[a] | 20,2[b,d] | 25,9[e] | 24,0 | 22,8 | 25,2 |
| | | s | 8,4 | 7,2 | 6,8 | 8,5 | 6,8 | 7,4 | 7,8 | 7,3 | 6,0 |
| | | min | 12,9 | 13,0 | 18,7 | 14,4 | 12,3 | 18,9 | 12,5 | 13,7 | 17,2 |
| | | max | 41,6 | 36,6 | 38,6 | 43,1 | 36,3 | 40,7 | 40,5 | 34,7 | 36,1 |
| | TK | n | 23 | 23 | 19 | 25 | 20 | 15 | 31 | 19 | 20 |
| | | x | 20,8[+] | 23,0 | 25,0 | 21,4[+] | 23,7 | 26,2 | 21,9 | 20,8 | 23,8 |
| | | s | 4,2 | 9,2 | 18,6 | 5,5 | 9,2 | 21,1 | 7,3 | 6,6 | 18,6 |
| | | min | 12,1 | 14,7 | 12,1 | 12,5 | 14,5 | 10,6 | 11,7 | 9,1 | 10,5 |
| | | max | 28,7 | 46,0 | 99,9 | 40,3 | 48,1 | 99,9 | 40,6 | 34,3 | 98,0 |

[+], * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, [+] $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden
d,e Mittelwerte zwischen Hb 9-11,5 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 9:** Herzfrequenzkennwerte (HS/min) bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor, während und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Hb < 9 g/dl | Hb 9-11,5 g/dl | Hb > 11,5 g/dl |
|---|---|---|---|---|---|
| HFBASIS | SK | n | 18 | 15 | 7 |
| | | x | 145,1 | 139,1 | 144,1 |
| | | s | 19,3 | 19,8 | 7,2 |
| | | min | 115,0 | 100,0 | 136,0 |
| | | max | 173,0 | 162,0 | 156,0 |
| | TK | n | 21 | 22 | 18 |
| | | x | 114,3*,a | 103,9*,b | 104,2*,c |
| | | s | 12,2 | 12,5 | 9,5 |
| | | min | 97,0 | 83,0 | 90,0 |
| | | max | 143,0 | 124,0 | 125,0 |
| HFTP1 | SK | n | 19 | 17 | 9 |
| | | x | 149,8 | 148,8 | 152,9 |
| | | s | 22,6 | 18,8 | 14,1 |
| | | min | 112,0 | 116,0 | 126,0 |
| | | max | 186,0 | 178,0 | 177,0 |
| | TK | n | 20 | 23 | 16 |
| | | x | 118,7*,a | 105,7*,b | 106,8*,c |
| | | s | 14,9 | 15,3 | 20,7 |
| | | min | 97,0 | 81,0 | 70,0 |
| | | max | 150,0 | 131,0 | 146,0 |
| HFTP2 | SK | n | 20 | 17 | 8 |
| | | x | 189,7 | 187,3 | 181,9 |
| | | s | 14,8 | 15,7 | 23,1 |
| | | min | 165,0 | 151,0 | 130,0 |
| | | max | 213,0 | 210,0 | 199,0 |
| | TK | n | 20 | 22 | 16 |
| | | x | 154,9* | 145,4* | 147,5* |
| | | s | 23,1 | 22,6 | 26,7 |
| | | min | 116,0 | 113,0 | 104,0 |
| | | max | 205,0 | 206,0 | 209,0 |
| HFTP3 | SK | n | 20 | 16 | 8 |
| | | x | 166,2 | 160,0 | 167,0 |
| | | s | 15,1 | 11,6 | 12,6 |
| | | min | 137,0 | 136,0 | 142,0 |
| | | max | 190,0 | 175,0 | 182,0 |
| | TK | n | 20 | 22 | 16 |
| | | x | 154,4+,a | 144,8* | 139,4*,c |
| | | s | 19,7 | 21,3 | 15,3 |
| | | min | 121,0 | 104,0 | 117,0 |
| | | max | 200,0 | 203,0 | 170,0 |

+, * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, + $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden

**Tabelle 10:** Herzfrequenzkennwerte (HS/min) bei Saugkälbern (SK) und Tränkkälbern (TK) vor, während und nach Transport, Gruppen nach Entwicklungsqualität, Statistiken

| | | | Hb<9 g/dl | Hb 9-11,5 g/dl | Hb>11,5 g/dl |
|---|---|---|---|---|---|
| HFTP4 | SK | n | 20 | 17 | 9 |
| | | x | 163,5 | 154,5 | 159,2 |
| | | s | 19,8 | 15,8 | 12,2 |
| | | min | 128,0 | 123,0 | 140,0 |
| | | max | 195,0 | 182,0 | 174,0 |
| | TK | n | 20 | 22 | 16 |
| | | x | 151,4$^{+,a}$ | 140,9$^{*,b}$ | 139,3$^{*,c}$ |
| | | s | 18,1 | 17,8 | 17,3 |
| | | min | 111,0 | 109,0 | 110,0 |
| | | max | 178,0 | 180,0 | 167,0 |
| HFTP5 | SK | n | 20 | 16 | 8 |
| | | x | 191,8 | 184,4 | 180,4 |
| | | s | 18,9 | 14,2 | 12,8 |
| | | min | 138,0 | 163,0 | 167,0 |
| | | max | 221,0 | 207,0 | 201,0 |
| | TK | n | 20 | 23 | 16 |
| | | x | 171,0* | 170,0* | 167,8 |
| | | s | 21,2 | 16,7 | 18,9 |
| | | min | 138,0 | 136,0 | 128,0 |
| | | max | 214,0 | 207,0 | 199,0 |
| HFTP6 | SK | n | 20 | 16 | 8 |
| | | x | 181,3$^{a}$ | 168,3$^{b}$ | 174,3 |
| | | s | 16,7 | 17,3 | 13,1 |
| | | min | 156,0 | 124,0 | 155,0 |
| | | max | 211,0 | 194,0 | 188,0 |
| | TK | n | 20 | 22 | 16 |
| | | x | 161,4* | 153,4$^{+}$ | 156,3$^{+}$ |
| | | s | 22,3 | 21,0 | 24,0 |
| | | min | 128,0 | 126,0 | 109,0 |
| | | max | 202,0 | 199,0 | 197,0 |
| HFTP7 | SK | n | 17 | 12 | 9 |
| | | x | 176,0 | 168,8 | 169,3 |
| | | s | 19,6 | 12,5 | 10,6 |
| | | min | 143,0 | 142,0 | 153,0 |
| | | max | 211,0 | 183,0 | 186,0 |
| | TK | n | 20 | 23 | 16 |
| | | x | 141,4* | 141,2* | 140,3* |
| | | s | 17,3 | 20,9 | 23,2 |
| | | min | 118,0 | 99,0 | 108,0 |
| | | max | 178,0 | 182,0 | 191,0 |

$^{+}$, * Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant verschieden, $^{+}$ $p < 0,05$, * $p < 0,01$
a,b Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb 9-11,5 signifikant verschieden
a,c Mittelwerte zwischen Hb <9 : Hb >11,5 signifikant verschieden