

# **Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren. Entwicklungsqualität und Anpassung von Kälbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht in verschiedenen Haltungsverfahren und ihre Beziehung zu metabolischen und hämatologischen Variablen sowie zur Herzschlagfrequenz**

MARTIN STEINHARDT und HANS-HERMANN THIELSCHER

Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee  
Institutsteil Trenthorst/Wulmenau

## **1 Einleitung**

Die Aufzucht von Kälbern wird hinsichtlich der Ernährung in drei Hauptvarianten (Ernährung mit Vollmilch, Ernährung mit Milchaustauscher bei Angebot von Heu und Konzentraten und Saugkälber in Mutterkuhhaltungen) vorgenommen, wobei die Raum- und Nahrungsverfügbarkeit sowie die Bewegungsmöglichkeit der Tiere größere Variationsbereiche haben können. Tiergerechte Haltungen werden angestrebt, deren Definitionen und Inhalte noch wenig exakt festgelegt und ausgefüllt sind. Ethologische Betrachtungsweisen, die bisher überwiegend für die Begründung kausaler Zusammenhänge tiergerechter Haltung angeführt wurden, betreffen einen Funktionsbereich, der die variabelsten Komponenten der Tier-Umwelt-Beziehung, die nach biologischen Gesetzmäßigkeiten in die Strategie der Individual- und Arterhaltung eingegliedert sind, betrifft. Tierschützerische Interessen der Kälberaufzucht beziehen sich vorrangig auf die Bewegungsmöglichkeit der Tiere. Damit ist die Frage nach der Entwicklungsqualität und Vitalität der Kälber und nach physiologischen Referenzwerten bei Kälbern unter verschiedenen Aufzuchtbedingungen verbunden. Für einen Vergleich von Haltungsverfahren und für die Festlegung von Referenzwerten der klinischen Diagnostik oder von Grenzwerten in Verbindung mit tiergerechten Haltungsverfahren ist es weiterhin von Interesse, welche auf das Lebensalter bezogenen Anpassungsvorgänge bei Kälbern vorkommen können, wie diese die Variation physiologischer Variablen bestimmen und durch Haltungsverfahren beeinflusst werden können.

Während der frühen Aufzuchtperiode sind Verfolgsuntersuchungen an kleinen Tiergruppen vorgenommen (Greatorex, 1954; Oltner und Berglund, 1982; Miyata et al., 1984; Tennant et al., 1974), mittlere Änderungen von Variablen nachgewiesen und Einflüsse von Haltungsverfahren aufgezeigt worden (Reece und Hotchkiss, 1987).

Wir gingen der Frage nach, welche konstitutionellen Merkmale und welche Änderungen physiologischer Variablen in spezifischen Altersperioden bei Tränkkälbern (TK) in verschiedenen Haltungsverfahren und bei Saugkälbern (SK) der Mutterkuhhaltung festgestellt werden können

und welches Ausmaß inter- und intraindividuelle Variationen in Verbindung mit Wachstum und Anpassungsvorgängen haben können. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf ein Datenmaterial aus mehreren Projekten.

## **2 Material und Methoden**

Kälber der Mutterkuhherde (Deutsche Rotbunte, DRB, Deutsche Schwarzbunte im alten Typ, DSB und F1 Gallo-way x Holstein Friesian, GxHF) und solche der Milchrinderherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian, DHF, Deutsche Rotbunte, DRB) wurden für die Untersuchungen genutzt, die sich bei den Mutterkühen von Oktober 1993 bis März 1994 und bei den Milchrindkälbern über den Zeitraum vom 29.10.1996 bis 02.07.1997 erstreckten. Saugkälber (SK) waren in Laufboxenhaltung mit Stroheinstreu (etwa 25 Muttertiere mit jüngeren Kälbern) und mit Spaltenboden und Liegeflächen (etwa 35 Muttertiere mit älteren Kälbern). Sämtliche Tiere können einen zentralen Futtergang erreichen, auf welchem zweimal pro Tag Silage (Mais, Gras) gegeben worden ist. Zu beiden Stallbereichen gehört ein durch Gatter abgetrennter Kälberliegebereich mit Stroheinstreu, in welchem Kälberfutter und Heu angeboten werden. Wasser kann aus Selbsttränken genommen werden. In allen Stallbereichen sind Leckschalen für die Mineralstoffversorgung der Tiere ausgelegt. Sämtliche Kälber erhalten einen Halsgurt und werden zur Gewöhnung an Manipulationen täglich zweimal über eine bestimmte Zeitperiode fixiert. Milchrindkälber wurden am ersten Lebenstag in Einzelboxen mit Stroheinstreu (16 Boxen 0,9 m x 1 m, Metallgeflechtwände, nebeneinander) oder in Gruppenboxen (2 Boxen 3 m x 17 m), die in zwei Varianten bewirtschaftet wurden, gebracht. Die Beschickung dieser Haltungsverfahren erfolgte im Wechsel während der gesamten Abkalbperiode. Kälber in Einzelhaltung (TK-E) erhielten während der ersten Tage Kolostrum, dann 6 l Vollmilch pro Tag sowie pelletiertes Kraftfutter und Heu nach Bedarf. Nach dem 60. Lebenstag kamen die Tiere aus der Einzelhaltung in die Gruppenhaltung und wurden mit Milchaustauscher am Automaten sowie pelletiertem Kraftfutter, Silage und Heu ernährt. In der Gruppenhaltung (TK-Gw), die kontinuierlich aufgefüllt wurde und in welcher

Tiere regelmäßig ausgewechselt wurden, wurden die Tiere am Tränkeautomaten aufgezogen. Kälber dieser Gruppe erhielten bis 7 Tage gepoolte Frischmilch (Kolostralmilch 2 l für 2 Tage), dann Milch und ab dem 3. Tag ansteigende Anteile Milchaustauscher (Färsenstart S von Denkavit Futtermittel GmbH, 125 g pro Liter Wasser, Tränkeautomat der Fa. Förster) nach dem Tränkeschema 6 l bis 8 l ansteigend, 8 l anhaltend und dann kontinuierliche Abnahme des Anteils der Flüssignahrung. Kälber der Gruppe TK-Gw erhielten als Grundversorgung bei der Einstallung 5 ml Myofer 200 (Hoechst) und 1 ml Vitamin ADE wässrig (WDT) pro Tier über die Milch verabreicht. Pelletiertes Kraftfutter konnte über den Futterautomaten ansteigend bis maximal 3 kg pro Tag abgerufen werden. Gleichzeitig wurden Heu und Silage angeboten. Die Möglichkeit der Wasseraufnahme aus Selbsttränken und der Kochsalzaufnahme an Lecksteinen bestand ständig. Kälber der Gruppen TK-E und TK-Gw erhielten die gleichen Mengen Flüssignahrung (TK-E: 360 l Vollmilch und 144 l Milchaustauscher, TK-Gw: 501 l Milchaustauscher).

Sowohl die Kälber der Einzelhaltung als auch diejenigen der Gruppenhaltung waren einem vielseitigen Einfluß und intensiven Kontakt durch das Betreuungspersonal ausgesetzt. Eine Gruppe von 18 Kälbern (Geburten vom 31.01.1997 bis 12.02.1997) erhielt bis 2 Tage Kolostralmilch, dann bis 7 Tage Vollmilch und danach 6 l pro Tag Milchaustauscher und betriebsspezifisches Konzentratfutter sowie Heu und Silage ad libitum. Die Kälbergruppe blieb während der Aufzucht in der Zusammensetzung konstant (TK-Gk) und wurde in einem gesonderten Stallbereich (Boxengröße 6 m x 13 m) mit minimalem Betreuungsaufwand und ohne weiteren Mensch-Tier-Kontakt aufgezogen.

Bei SK wurden an den Alterspunkten 20, 60 und 90 Lebenstagen und bei TK an den Alterspunkten 15, 30, 60 und 90 Lebenstagen Langzeitmessungen und Blutuntersuchungen vorgenommen, wobei die Tiere für das Anlegen von Meßeinrichtungen sowie zur Blutprobennahme für kurze Zeit fixiert werden mußten. Anlegen von Meßeinrichtungen und Probennahmen fanden bei den Tieren zwischen 7.45 Uhr und 8.30 Uhr innerhalb der Stallbox statt. Herzschlagfrequenz(HF)-Messungen wurden mit Hilfe des Polar Sport Testers kontinuierlich über 24 Std. vorgenommen (Steinhardt et al., 1997b). Als HF-Kennwert ist die mittlere HF der Messung verwendet worden. In peripheren venösen Blutproben (V. jugularis) bestimmten wir den Säure-Basen-Status, den Hämatokrit (Hk), die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke, die Plasmaeiweiß-, Albumin-, Laktat-, Harnstoff-, Kreatinin-, Glukose- und Cortisolkonzentration sowie auch diejenige von Ca, Mg, P und Fe. Säure-Basen-Status und Blutgasgehalte wurden mit 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 bestimmt. Die Blutproben wurden außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical

Instruments AG, 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, untersucht. Cortisol wurde mit einem Lumineszenz-Enzym-Immunoassay (LEIA, Gerätesystem von Nichols Diagnostics), Hk mit der Mikrohämatokritmethode bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit dem Paket PC-Statistik von Topsoft Hannover bearbeitet und die Regressions- und Korrelationsrechnung sowie die Varianzanalyse genutzt. Mittelwertunterschiede zweier Gruppen wurden mit dem t-Test geprüft. Bei der graphischen Darstellung sind Box and Whisker Plots bevorzugt worden, die einen großen Informationsgehalt haben. Die Box umfaßt den Häufungsraum 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 Whisker gewählt. Daten außerhalb dieser Grenzen werden eingezeichnet (Extremwerte bzw. Ausreißer).

Für den vorliegenden Bericht werden aus dem Datenmaterial beispielhaft Ergebnisse verwendet. Bei SK sind die Rassenvertreter und die Kreuzungstiere an den Alterspunkten berücksichtigt worden.

### 3 Ergebnisse

#### Haltungsvarianten und physiologische Variablen bei Kälbern (Tabellen 1 und 2, Abbildungen 1 bis 3 und 8, Anhang)

Mittelwertunterschiede zwischen den Kälbergruppen sind für die meisten Meßgrößen an den Alterspunkten festzustellen. Sie sind stärker und häufiger zwischen den Gruppen SK und TK-E einerseits und TK-Gw sowie TK-Gk andererseits (Harnstoff, Tabelle 2; Ca, Mg, P Abbildungen 1 und 2; Hb Abbildung 3), in einigen Fällen auch zwischen den beiden letzteren Gruppen vorhanden. Mittelwertunterschiede für einige Meßgrößen wie Ca, Mg, P, Harnstoff, Gesamtprotein und Albumin treten bis zum Alter von 30 LT deutlicher hervor. Auffallend sind große Streuungen bei Gesamtprotein, Albumin, Laktat, Hb und Hk. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, sind diese Streuungen innerhalb der Tränkkälbergruppen bis zum Alter von 30 LT und bei SK bis 60 LT so groß, daß Mittelwertunterschiede nicht oder nur schwach erkennbar werden. Im Alter zwischen 30 und 60 LT werden diese Streuungen bei TK verringert, und es lassen sich Mittelwertunterschiede sicher nachweisen. Bei SK beginnen sich die Streuungen von Hb im Alter von 90 LT zu verringern. Mittelwerte von Hb der Rassenvertreter (DRB, DSB) und der Kreuzungstiere liegen bei 20 LT, 60 LT und 90 LT sicher unter denen der TK.

Bei SK können im Alter von 20 LT, 60 LT und 90 LT Unterschiede zwischen Rassenvertretern der DRB und DSB und Kreuzungstieren G x DHF nicht sicher nachgewiesen werden.

Niedrigste HF wiesen Kälber der TK-Gk, höhere solche der TK-Gw und die höchsten solche der TK-E bis zum Alter von 60 LT auf. Im Alter von 15 LT und 30 LT haben Kälber der TK-E signifikant höhere HF. Bei 90 LT ist eine Angleichung der Herzfrequenz bei den TK auf ein Niveau von 105 bis 110 HS/min festzustellen (Abbildung 8).

#### Änderungen der Meßgrößen während der Aufzucht (Tabellen 1 und 2, Abbildungen 1 bis 8, Anhang)

An den Mittelwerten (Tabellen 1 und 2) und an den Korrelationen der Meßgrößen zwischen den Untersuchungspunkten (Abbildungen 4 bis 7) können Änderungen von Meßgrößen während der Aufzucht nachgewiesen werden. Bei vielen Variablen sind Änderungen mit dem Alter an den Mittelwerten nicht sicher nachzuweisen. Die Konzentration von Kreatinin wird bei TK innerhalb von 30 LT stärker verringert, und der Mittelwert ist bei 90 LT bei TK signifikant kleiner als bei 15 LT und 30 LT. Die Serumharnstoffkonzentration steigt ab 60 LT an, und der Mittelwert ist bei TK bei 90 LT bereits gesichert größer als bei 60 LT, bei SK jedoch erst mäßig gesteigert. Die mittlere Laktatkonzentration wird ab 60 LT verringert und insbesondere deren Variation eingeschränkt (Ergebnisse nicht angeführt). Die veränderte Sauerstofftransportkapazität des Blutes führt dazu, daß die regulatorische Reserve des Blutkreislaufsystems nicht mehr gänzlich bei einem großen Anteil der Tiere bei den gegebenen Graden der Belastung ausgeschöpft wird, so daß gleichzeitig ab diesem Alter der Sauerstoffgehalt des venösen Blutes erhöht ist (Ergebnisse hier nicht angeführt). Die Konzentrationen von Mg und P sind bei 30 LT verringert und werden in der folgenden Zeit jedoch wieder vergrößert. Die Konzentration von Ca wird bei 30 und 60 LT bei den Gruppen unterschiedlich vergrößert und bei 90 LT wieder verringert, wobei die Variation zunimmt (Abbildungen 1 und 2). Deutliche Anstiege der Mittelwerte der Ca-Konzentration sind bei der Gruppe TK-Gk zu verzeichnen.

Die mittlere HF wird bei TK-Gk und TK-Gw bis zum Alter von 90 LT gleichmäßig, jedoch nicht signifikant größer, bei TK-E wird sie bei 30 LT signifikant vergrößert und dann bis 90 LT wieder verringert (Abbildung 8).

#### Individualspezifische Anpassungsvorgänge während der Aufzucht (Abbildungen 4 bis 7, Anhang)

Deutlicher als die Mittelwerte lassen die individuellen Änderungen der physiologischen und biochemischen Meßgrößen Grad und Ausmaß der Anpassungsvorgänge von Kälbern erkennen. Dies läßt sich vorteilhaft mit Hilfe der Korrelationen und Regressionen der Variablen zwi-

schen den Untersuchungen und auch mit jenen der Änderungen der Variablen in spezifischen Altersperioden und den Ausgangswerten nachweisen.

Für die Meßgrößen Hb, Hk, O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>CAP, Kreatinin, Albumin und P konnten zwischen den Untersuchungspunkten Korrelationen unterschiedlicher Stärke nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse werden hier nicht weiter angeführt. Die Änderungen der Meßgrößen zwischen den Untersuchungen hatten enge Beziehungen zu dem Ausgangswert bei 15 LT. Regressionen und Korrelationen zeigen, welche prinzipiellen und individualspezifischen Änderungen der Variablen zwischen den gewählten Alterspunkten vonstatten gehen, wie dies beispielhaft für Serumalbumin und Hb (Abbildungen 4 bis 7) für Saugkälber der Mutterkuhhaltung und für Tränkkälber der Gruppe TK-Gk dargestellt ist.

Bei SK und bei TK werden die Serumalbuminkonzentrationen zwischen 20 LT bzw. 15 LT und 90 LT bei einem großen Anteil der Tiere vergrößert, bei einem weiteren Anteil der Kälber bleiben sie nahezu konstant und bei einem kleinen Anteil der Kälber werden sie verringert (Abbildungen 4 und 5). Die Änderungen der Variablen weisen bei den Kälbern eine größere Variation auf, so daß die Korrelationen dieser Änderungen mit dem Ausgangswert von unterschiedlicher Stärke sowohl bei SK und TK als auch an den Alterspunkten sind. Bei SK beträgt  $r = -0,415$  bzw.  $r = -0,636$  für die Beziehung der Serumalbumindifferenz 60-20 LT und für diejenige 90-20 LT zum Ausgangswert bei 20 LT und bei TK der Gruppe TK-Gw beträgt  $r = -0,721$ ,  $r = -0,678$  und  $r = -0,732$  für die Beziehung der Serumalbumindifferenz 30-15 LT, für diejenige 60-15 LT sowie 90-15 LT zum Ausgangswert bei 15 LT.

Bei SK wird zwischen 20 und 60 LT bei mehr als 50 % der Tiere Hb verringert und bei dem übrigen Teil Hb vergrößert (Abbildung 6). Dies betrifft Tiere über den gesamten Bereich der Ausgangswerte von Hb von 5 bis 12 g/dl. Die Korrelation zwischen der Änderung von Hb und dem Ausgangswert bei 20 LT beträgt bei SK  $r = -0,415$ . Bis zum Alter von 90 LT sind Zunahmen von Hb insbesondere bei solchen Kälbern mit einem Hb < 8 g/dl bei 20 LT festzustellen. Das Ausmaß der Zunahmen von Hb bis 90 LT variiert bei SK auffallend, so daß die Korrelation zwischen der Änderung von Hb und dem Ausgangswert bei 20 LT im Vergleich mit TK (Abbildung 7) nur schwach ist ( $r = 0,636$ ).

Bei TK (Abbildung 7) nehmen zwischen 15 und 30 LT die Hb-Werte bei dem größten Teil der Tiere ab, und zwar in stärkerem Maße bei jenen Tieren mit einem hohen Hb bei 15 LT, wobei die individuelle Variation der Änderungen beträchtlich ist (Korrelationskoeffizient  $r = -0,665$ ) und die Änderungen sich bei den Kälbern der Haltungsvarianten in Grad und Ausmaß unterscheiden (Ergebnisse nicht weiter angeführt). Zwischen 30 und 60 LT steigen die Hb-Werte wieder an, und zwar in stärkerem Maße bei Kälbern mit kleineren Hb-Werten bei 15 LT. Hb wird verringert bei Kälbern mit einem Hb > 12 g/dl im Alter von 15 LT. TK mit einem Hb zwischen 10 und 11,5 g/dl bei 15 LT weisen im Alter von 60 LT und 90 LT nur sehr geringgradige Ände-

rungen des Hb auf. Die Variation der Änderungen von Hb wird bei TK zwischen 30 und 60 LT auffallend kleiner. Dies trifft auch für die Altersperiode zwischen 60 und 90 LT zu, so daß enge Korrelationen von  $r = -0,94$  und  $r = -0,92$  zwischen der Änderung von Hb und dem Ausgangswert bei 15 LT bei den Kälbergruppen festgestellt werden konnten (Abbildung 7).

#### Korrelationen zwischen den Variablen an den Untersuchungspunkten

An den Untersuchungspunkten bestehen Korrelationen zwischen metabolischen und hämatologischen Variablen und solchen des Säure-Basen-Status, des Mineralstoffwechsels sowie der Sauerstofftransportkapazität des Blutes. Diese werden hier nicht weiter angeführt.

#### 4 Diskussion

Viele physiologische Meßgrößen weisen bei Kälbern während der Aufzucht eine beträchtliche inter- und intraindividuelle Variation auf, die durch Ernährungsart und Betreuungsaufwand und -intensität durch den Menschen sowie durch die technischen Haltungsbedingungen beeinflusst werden. Eine wichtige Bezugsgröße für strukturelle und funktionelle Merkmale der Tiere ist das Lebensalter. Gerichtete Änderungen der Variablen von Kälbern in spezifischen Altersperioden, die in Grad und Ausmaß auch durch die speziellen Bedingungen der Haltungsvarianten beeinflusst werden, haben eine hohe Individualspezifität und individuelle Zeitverläufe, was für die Vorgehensweise beim Vergleich und bei der Einschätzung von Haltungssystemen für Kälber hinsichtlich der Tiergerechtigkeit bedeutungsvoll ist. Variationen von Hb sowie auch solche der Gasgehalte und -drucke und der Laktatkonzentration bis zum Alter von 30 LT bei allen Aufzuchtgruppen, die schnelle Verringerung derselben zwischen 30 und 60 LT bei Tränkkälbern und die verzögerte Verringerung bis über 90 LT hinaus bei SK sind von besonderem Interesse in Verbindung mit der Wachstumsleistung, Abwehrfunktion und der physischen Fitness der Tiere.

Größere interindividuelle Variationen vieler Variablen bei 15 LT und 30 LT und Änderungen der Mittelwerte sind in anderen Arbeiten (Greatorex, 1954; Oltner und Berg, 1982; Reece und Hotchkiss, 1987; Tennant et al., 1974) berichtet worden. Die Anpassungsvorgänge der ersten Lebensstage und -wochen (Allen et al., 1997; Grünberg, 1996; Grünberg et al., 1998; Kurz und Willett, 1991; Steinhardt et al., 1993a,b; 1995a,b; 1996a,b,c; 1997a; Tyler und Ramsey, 1991; Vermorel et al., 1989), die durch die Reife der Tiere bei der Geburt und den Geburtsverlauf beeinflusst werden, werden in dieser Altersperiode verstärkt fortgesetzt. Dies betrifft die Einstellung von Regulations-einrichtungen für die Mineralstoffkonzentrationen des Blutes (Abouzite et al., 1997; Goff et al., 1982; Cabello und Michel, 1977), des Säure-Basen-Status

und der Gasdrucke (Teitel, 1996) in Verbindung mit dem Wachstum und der Reifung von Körperteilen wie Magen-Darm-System, Lungen, Nieren, Knochensystem, Blutgefäßsystem und blutzellenbildendes Gewebe.

Abfallende Kreatininkonzentrationen der ersten Lebenswochen bei TK (Kurz und Willett, 1991) sind bei diesen Kälbergruppen über den gesamten Untersuchungszeitraum festzustellen. Bei SK ist die Kreatininkonzentration im Alter von 20 LT niedriger als bei TK, und sie nimmt bei 90 LT bereits wieder zu. Kreatinin hat als Metabolit des Muskelstoffwechsels indirekt Beziehungen zum Protein- und Harnstoffwechsel sowie zur Nierenfunktion. Höhere Konzentrationen bei Kälbern der TK-E bei 60 LT und 90 LT und bei SK gegenüber den übrigen Gruppen stehen mit der größeren Körpermassenzunahme und der vermehrten Muskelbildung in Verbindung. Zunehmende Harnstoffkonzentrationen ab 60 LT bei allen Kälbern sind auf die sich entwickelnde Vormagenverdauung und die verbesserte Verfügbarkeit von Proteinen und Aminosäuren infolge zunehmender Vormagentätigkeit zurückzuführen. Zwischen 30 und 60 LT erfolgt die Anpassung an die vermehrte Festfuturaufnahme bei den TK unterschiedlich schnell, so daß bei 60 LT im Falle von Hb, Hk, Mg, Harnstoff, Laktat noch sichere Mittelwertunterschiede festgestellt werden können.

Zwischen Wachstumsrate und Anpassungsvorgängen bestehen über die Ernährung und die Reifung der Organe Beziehungen, die für die physische Fitness der Tiere, für die späteren kapazitiven Merkmale ihrer Funktionssysteme sowie für die Gesundheit und Nutzungsdauer von Bedeutung sein können (Gluckman und Harding, 1997). Wachstumsrate und Körpermasse sowie durch Erkrankungen bedingte Effekte auf Nutzleistungsmerkmale werden im allgemeinen sicher eingeschätzt, Beziehungen zum individuellen Entwicklungs- und Adaptationszustand, zu physiologischen Regelbreiten und -kapazitäten und zur physischen Fitness in Verbindung mit Haltungssystemen und -varianten sind meistens nicht so offensichtlich. Kritische Perioden hinsichtlich der Entwicklungsqualität und Wachstumsleistung bzw. Immunkompetenz stehen im Zusammenhang mit den hier und in anderen Arbeiten (Reece und Hotchkiss, 1987) aufgezeigten Anpassungsvorgängen und der Entwicklungsqualität der Tiere, deren Auswirkung hinsichtlich der Abwehrfunktion (Allen et al., 1997; Pollock et al., 1993; Wilson et al., 1996) und der physischen Fitness der Kälber im Falle des Transportes geprüft worden ist (Steinhardt und Thielscher, 1998a,b,c).

Die individualspezifische Ausprägung funktioneller und struktureller Merkmale der Kälber ist insbesondere unter Gruppenhaltungsbedingungen in stärkerem Maße möglich als in anderen Haltungsvarianten. Ein Hauptkriterium der Gruppenhaltung, die körperliche Bewegungsmöglichkeit, wird in hohem Maße durch soziale Stimulierungseffekte gefördert, wie Untersuchungen an Saugkälbern der Mutterkuhhaltung (Reece und Hotchkiss, 1987; Steinhardt et al., 1995b; Thielscher, 1994) und auch die vorliegenden Untersuchungen an den Kälbergruppen mit

intensiver Betreuung zeigen. Das Verhältnis von Tiermasse zur Grundfläche ist entscheidend für soziale Verhaltensweisen und auch für die Qualität des körperlichen Trainings.

Grad und Ausmaß der funktionellen Belastung während des Wachstums bestimmen in hohem Maße die Entwicklungsqualität der Organe und das proportionale Körperwachstum. In dieser Altersperiode betrifft das z. B. die Nahrungsaufnahme (Art und Menge der Nährstoffe) und deren Rhythmizität, die damit sowie mit dem Erkundungs- und Sozialverhalten (Byers, 1984) verbundene körperliche Aktivität und die Wärmeregulation. Frühzeitiges Training sensorischer Funktionen (propriozeptive und exterozeptive) ist ein kritisches Element bei der Entwicklung des sensorischen Systems und weiterer neuraler Systeme (Purves, 1994, Takeuchi et al., 1993; Strain et al., 1989) und damit für die Verhaltensontogenese. Nur wenige Untersuchungen darüber liegen bei der Tierart Rind vor. Die Entwicklung sekretorischer Funktionen des Magen-Darm-Kanals und die Umstellung derselben von der Milchverdauung auf diejenige von pflanzlichen Nährstoffen (Feststoffen) ist genetisch festgelegt und kann in der Ausprägung durch den Zeitpunkt der Aufnahme solcher Nährstoffe sowie Menge und Qualität des sogenannten Beifutters beeinflusst werden (Buddington 1992). Die Verfügbarkeit übermäßiger Mengen an Milch wie z. B. bei der Mutterkuhhaltung mit Zweinutzungsrasen und Kreuzungen aus Fleischrind- und Milchrindrassen insbesondere bei restriktiven räumlichen Bedingungen während der Winterstallhaltung und von Milchersatz bei TK und eine frühzeitige Beifutteraufnahme beeinflussen die Wachstumsgeschwindigkeit und die Entwicklung der Verdauungsorgane in unterschiedlicher Weise. Bei zu frühem Absetzen der Milchernährung ist die Vormagenfunktion nicht wirksam (Quigley et al., 1991, Vazquez-Anon et al., 1993) was Ernährungsrestriktionen zur Folge hat, die das Knochenwachstum mehr als das Muskelwachstum beeinflussen (Funaba et al., 1996).

Sowohl die Entwicklungsqualität von Organen und Steuerungssystemen als auch Angebot und Verfügbarkeit von Nährstoffen bestimmen die Konzentrationen von Metaboliten und Mineralstoffen im Blut der Kälber in den ersten Lebenswochen (Beispiel Phosphor: Challa et al., 1989). Vollmilchernährung hat bei SK und bei TK-E bei 15 LT und 30 LT größere Konzentrationen an P, Ca und Albumin und kleinere an Mg sowie Fe gegenüber den Kälbern der anderen Gruppen zur Folge. Mineralstoffangebot und -haushalt sind bei Kälbern nur in enger Verbindung mit Erkrankungen, die das Magen-Darm-System betreffen und stärkere Mineralstoffverluste verursachen können, ausreichend einzuschätzen. Atemwegs- und Magen-Darm-Erkrankungen sind in den Kälbergruppen in unterschiedlicher Stärke aufgetreten, wobei Kälber der Gruppe TK-Gw am meisten betroffen waren. Direkte Zusammenhänge zwischen Erkrankungsgrad und -häufigkeit und den Mineralstoffkonzentrationen des Blutes der Kälber sind in den eigenen Untersuchungen bisher nicht geprüft worden. Kleine Konzentra-

tionen an Ca und Mg bei Tieren der Gruppe TK-Gw gegenüber jenen der TK-Gk könnten damit im Zusammenhang stehen (Abbildungen 1 und 2).

Proportionales Körperwachstum und effektive Anpassungsvorgänge führen dazu, daß bei einem Anteil der Kälber offensichtlich solche Blutmeßwerte vorkommen, wie sie für dieses Entwicklungsstadium charakteristisch sind, die auch als Referenzwerte bezeichnet werden können. Dem Mittelwert dieser Referenzwerte kommt der mit Hilfe der Regression errechnete Wert für X im Falle  $Y = 0$  offensichtlich sehr nahe (Abbildungen 4 bis 7). Bei einem weiteren Anteil der Kälber sind im Alter von 15 LT Anpassungsreaktionen nachweisbar, die sich zwischen 15 LT und 30 LT verstärken und auch zwischen 30 LT und 60 LT bei einigen Variablen noch bemerkbar sind. Auch zwischen 60 LT und 90 LT sind bei einem Anteil der Kälber in Abhängigkeit von den Aufzuchtbedingungen der jeweiligen Haltungsvarianten adaptive Änderungen einiger Meßgrößen erkennbar. Die Aufstellung und Nutzung von Referenzwerten und von Grenzwerten für klinisch diagnostische Untersuchungen oder für die Einschätzung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen für diese Aufzuchtperiode erfordert ein besonders sorgfältiges Vorgehen. Dies betrifft vor allem Zielstellungen, Definitionen und methodische Gesichtspunkte der Verwendung physiologischer Variablen für diese Zwecke.

Weitere physiologische Variablen wie die Herzschlagfrequenz weisen eine große individuelle Variation bis zum Alter von 30 LT und in der Ausprägung während des Wachstums Abhängigkeiten von der Haltungsform auf (Ermgassen, 1996; Steinhardt et al., 1997b), wie dies durch die vorliegenden Befunde bestätigt wird.

Änderungen der Gesamtprotein- und Albuminkonzentration sowie auch von Hb und Hk (Hämokonzentration, Hämodilution) können durch Mobilisierungen von Blut mit hohem Erythrozyten- und/oder Proteingehalt aus Stromgebieten wie jenes der Milz oder des Darmes oder durch Änderungen der Verteilungsvolumina wie z. B. Verlagerung von Flüssigkeit zwischen intravaskulärem und extravaskulärem Raum bedingt sein. Der mit der vorrangigen Aufnahme von Flüssignahrung verbundene erhöhte Wasserdurchsatz könnte in dieser Beziehung von Bedeutung sein. Eine strenge Berücksichtigung der Nahrungs- und/oder Wasseraufnahme der Kälber vor der Probennahme ist nicht erfolgt. Die Speicherfunktion der Milz entwickelt sich in den ersten Lebenstagen und -wochen (Schaf: Potocnik und Wintour, 1996). Dies kann individuell sehr unterschiedlich erfolgen und ab etwa 60 LT von Bedeutung sein. Bei experimenteller motorischer Belastung (Laufband) wurden z. B. Vergrößerungen von Hb um 0,7 und 2 g/dl festgestellt (KM der Kälber etwa 180 kg; Kuhlmann et al., 1985; Pignet et al., 1993). Die mit dem Fixieren der Tiere verbundene motorische Aktivität hat unterschiedliche Qualitäten und Ausmaße der Änderung der Variablen bei Kälbern unterschiedlichen Alters und in den verschiedenen Haltungsvarianten zur Folge. Zeitliche Beziehungen der Auslösung der Reaktionen und der

Blutprobenentnahme, die Kinetik der Stoffe und der Ort der Blutentnahme sind von höchster Bedeutung in Verbindung mit der Änderung von Variablen. Höhere Konzentrationsmaße einiger Variablen bei Saugkälbern (Reece, 1984 a,b,c; Reece et al., 1984; Reece und Hotchkiss, 1987; Rice et al., 1967; Thielscher, 1994) und bei Tränkkälbern in Gruppenhaltung müssen in enger Verbindung mit der Vorgehensweise beim Fangen und Fixieren der Tiere kritisch eingeschätzt werden. Derartige Effekte sind bei dem gewählten Vorgehen nicht gänzlich auszuschließen und bei einigen Variablen wie z. B. der Laktatkonzentration in der vorliegenden Untersuchung erkennbar. Für SK waren Fixieren und Manipulieren durch den Menschen nicht ungewohnt, so daß mit größeren Effekten dieser Art nicht gerechnet werden mußte.

Langfristige Änderungen dieser Meßgrößen stehen in Verbindung mit der Entwicklung und der funktionellen Kapazität der Organe wie z. B. Leber, Lunge, Niere und mit der Kapazität und Stimulationsintensität des erythropoetischen Gewebes. Bei Jungtieren vieler Spezies vorkommende hyporegenerative Anämien stehen mit dem Sauerstoffbindungs- und Abgabevermögen des Hämoglobins sowie mit der verringerten Erythropoietin(EPO)-Bildung in Verbindung. Hämatologische Indizes sind in dieser Situation nicht unter allen Bedingungen sicher aussagefähig, und es ist vorteilhafter, die Spezifität der Erythropoese sowie der bei der Geburt vorhandenen Erythrozytenmenge und der Hämoglobineigenschaften durch physiologische Funktionen ergänzend zu charakterisieren. Für die als „physiologische Anämie“ bezeichnete Erscheinung gibt es mehrere Ursachen: (1) die Qualität der fetalen Erythropoese und deren Auswirkungen über die in den ersten Lebenswochen vorhandene Erythrozytenpopulation, (2) Anpassung von Regulation und Kapazität des erythropoetischen Gewebes begrenzende Faktoren während der postnatalen Wachstumsperiode und (3) Effekte des Geburtsverlaufes auf die Erythrozytenmenge der neugeborenen Kälber. Es liegt nahe, die bei Kälbern festgestellten inter- und intraindividuellen Variationen von Hb und Hk und deren Änderungen in spezifischen Aufzuchtperioden vor diesem Hintergrund einzuschätzen.

Episoden von Hypoxie lösen beim Fetus einen Anstieg der EPO-Konzentration aus, welchem ein Abfall der Fe-Plasmakonzentration mit Verzögerung und nur dann folgt, wenn eine Spitzenkonzentration von EPO (Schwellenphänomen) erreicht ist (Schaf: Veng-Petersen et al. 1993). Die Plasmakonzentration an EPO und der renale sowie auch hepatische EPO mRNS Spiegel können durch Blutentzug vergrößert werden (Moritz et al. 1992a,b), wenn der Grad desselben ausreichend ist (Anderson et al., 1993). Blutentzug von etwa 40 bis 47% des Blutvolumens über 3 Tage verteilt ruft bei Feten Steigerungen der EPO-Konzentration, der Retikulozytenzahl und Abfall der Fe-Konzentration des Blutplasmas hervor (Shields et al., 1993, 1996). Auf Hypoxie des Muttertieres reagierten Feten mit gesteigerter Erythrozytenbildung und Vergrößerung von Hb von 9,0 bis 10,5 g/dl auf 12,0 bis 14,0 g/dl und

des Hk von 30 % bis 34 % auf 38 % bis 44 % (Daniel et al., 1989; Kitataka et al., 1989; Murotsuki et al., 1996).

Die Sauerstoffbindungseigenschaften werden durch die Hämoglobinvariante sowie durch den Gehalt der Erythrozyten an Diphosphoglycerat (DPG) und Cl und an Protonen (pH-Wert) bestimmt. Der in fetalen Rindererythrozyten in 6 mal höherer Konzentration vorhandene allosterische Modulator DPG (Gustin et al., 1997; Studzinski und Czarnecki, 1980) erhöht die O<sub>2</sub>-Affinität des HbF gegenüber dem adulten Hämoglobinmolekül bei entsprechenden physiologischen Konzentrationen und Temperaturen, und es unterscheidet sich auch die Enthalpie für die Sauerstoffbindung, was beim Wärmeaustausch zwischen Fetus und Muttertier eine Rolle spielen könnte (Clementi et al., 1996), für O<sub>2</sub>-Utilisierung fetaler Gewebe vorteilhaft, für diejenige der Gewebe Neugeborener nachteilig ist. Die Erythrozyten neugeborener Kälber enthalten fetales Hämoglobin (HbF), dessen Kinetik innerhalb von 6 bis 7 Monaten nach der Geburt dokumentiert ist (Grimes et al., 1958; Gustin et al., 1997; Hubbert und Miller, 1971; Jelic et al., 1981; Lee et al., 1971; McGillivray et al., 1985; Tisdall und Crowley, 1971), wenn es durch die bei Adulten vorkommenden Varianten HbA und HbB ersetzt wird (Schalm, 1986). Die bemerkenswerte Variationsweite des HbF-Schwundes bei Kälbern innerhalb und zwischen den vorher genannten Untersuchungen ist bisher wenig erklärt worden. Zum Zeitpunkt der Geburt können die Anteile der Hämoglobinvarianten erheblich variieren, was durch die Entwicklungsqualität des Fetus und seine Anpassung an die speziellen Bedingungen des intrauterinen Lebens bestimmt wird. Bei hypoxischen Schaffeten konnte ausschließlich HbF festgestellt werden, während bei Vergleichstieren im Gestationsalter von 130 bis 138 d auch schon die Bildung von adulten Hämoglobinvarianten nachgewiesen werden konnte (Mostello et al., 1991).

Eine schwache erythropoetische Reaktion während der frühen Entwicklungsperiode, die durch Ernährungsprobleme mit Fe bedingt sein könnte, beruht auf Verfügbarkeit, Mobilisierung und Utilisierung dieses Elementes. Feten können erhöhte Fe-Vorräte als Prärequisit für die postnatale Periode haben (Kakuta et al., 1997), die Fe-Menge der Leber als Hauptspeicherorgan variiert bei neugeborenen Kälbern sowohl von Färsen als auch von Kühen beträchtlich (Steinhardt et al., 1993a,b). Bei der Geburt können je nach Verlauf derselben hohe Anteile der fetalen Erythrozytenmenge in den Eihäuten verbleiben (Steinhardt et al., 1994, 1996a,b), so daß den Neugeborenen dadurch eine beträchtliche Menge an Fe verlorengelht. Extrem unterschiedliche Transfusionen sind gerade auch bei Zwillingen möglich, die sich die beim Muttertier verfügbare Fe-Menge teilen müssen.

Das Fortbestehen des Schwellenmechanismus der EPO-Wirkung im postnatalen Leben könnte eine Ursache der schwachen endogenen erythropoetischen Reaktionsfähigkeit in den ersten postnatalen Lebenswochen sein, jedoch

kann die Änderung der EPO- und Plasma-Fe-Konzentration dies alleine nicht ausreichend erklären. Exogene Versorgung mit EPO wird durch Dosierungsintensität und Disposition dieses Stoffes beeinflusst (Peters et al., 1996). Die Hauptregionen der Erythropoese wandern vom Dottersack in den frühen Stadien der Ontogenese zu Leber und Milz und dann zum Knochenmark bei adulten Individuen, wobei über quantitative Angaben zu diesem Wechsel beim Rind wenig bekannt ist. Die Reaktion auf EPO kann von den Hauptorten der Erythropoese und dem Grad der Rezeptorausbildung abhängen. EPO wird bei Feten in der Leber und bei Arten mit langer intrauteriner Entwicklungsperiode nahe der Geburt zunehmend in der Niere gebildet. Ein zeitspezifischer Effekt der Glukokortikoidwirkung bei der Umschaltung der Produktion von fetalem auf diejenige von adultem Hb ist nachgewiesen worden (Schaf: Wintour et al. 1985). Die Reifung der Niere nach der Geburt erstreckt sich über einen Zeitraum von einigen Wochen, und der Konzentrierungsmechanismus wird z. B. erst zwischen 30 und 60 Lebenstagen verstärkt wirksam (Abouzite et al., 1997). Die Expression von EPO in glomerulärem Gewebe bei Neugeborenen wird durch hohe Cortisolkonzentrationen des Blutes gehemmt (Schaf: Lim et al., 1996). Eine empfindliche Reaktivität und Spezifität der Nebennierenrindenhormonproduktion und -disposition bei Kälbern ist bekannt. Hohe Cortisolkonzentrationen des Blutes bei Kälbern in den ersten Lebenstagen (Steffen, 1989) und als Nachwirkung bei Transport in den ersten Lebenswochen (Kamimura et al., 1987; Steinhardt und Thielscher, 1998a) sind beschrieben worden. Über eine Hemmung der EPO-Bildung oder der Wirksamkeit desselben durch Cytokine ist bisher nicht berichtet worden. Bildung sowie Bindung und/oder Abbau von EPO in der Leber können einen Einfluß auf die Kinetik desselben im Blutkreislauf haben. Die Änderung der Hb-Variantenkomposition während dieser Entwicklungsperiode wird durch Erkrankung und andere Faktoren beeinflusst. Körperliche Aktivität fördert bei einer bestimmten Intensität den Erythrozytenabbau und stimuliert die Erythropoese über die vermehrte Bildung von EPO. Für die Tierart Rind sind dazu keine zuverlässigen Angaben zu finden.

Die von der Ernährungsqualität abhängige Wachstumsgeschwindigkeit beeinflusst offensichtlich das proportionale Körperwachstum der Kälber, wobei die Blutmenge, speziell die Erythrozytenmenge oder auch das extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen in Verbindung mit der Kreislauffunktion, sich vorübergehend bereits bei geringgradigen körperlichen Belastungen als begrenzende Faktoren erweisen können. Das Plasmavolumen nimmt in den ersten Lebenswochen konstant, die Erythrozytenmenge nur geringgradig zwischen 3 und 7 Wochen zu (Schaf: Moritz et al., 1996). Bei permanent hypoxischen Jungtieren ist das auf die Körpermasseneinheit bezogene Blutvolumen und insbesondere die Erythrozytenmenge größer und das intrazelluläre Flüssigkeitsvolumen kleiner als bei Vergleichstieren (Dalinghaus et al., 1993). Hypoxische Jungtiere haben eine verringerte Wachstumsrate. Oszillationen des Hk bei

wachsenden Mäusen standen in enger Beziehung mit Erythropoeserate und Körpergewebeszunahme und wurden durch die Differenz beider induziert (Sakata und Enoki, 1992), wobei zwischen Hk und Erythroid colony-stimulating activity (ECSA) eine sehr enge Korrelation (-0,9) nachgewiesen werden konnte. Bei großer Wachstumsrate der Kälber ist die Erythropoeserate maximal gesteigert, und sie kann Grade einer „emergency hematopoiesis“ erreichen, bei welcher die Hämoglobinsynthese so beeinflusst wird, daß die Hämoglobinvariantenkomposition in den Erythrozyten geändert wird. Die initialen Proliferationsschübe enthalten Retikulozyten mit einem hohen Prozentsatz an HbF.

Ein hoher Anteil von HbF bei neugeborenen Tieren fördert die Beladung des Blutes mit Sauerstoff in der Lunge, bedingt jedoch eine verzögerte Entladung desselben im Gewebe.

Der spezifischen Sauerstofftransportkapazität des Blutes der neugeborenen Kälber entsprechende Blutkreislaufregulationen betreffen die Umverteilung des Blutflusses, was durch lokale und zentrale rezeptorbedingte Regulation gesichert wird. Das Herzminutenvolumen ist bei Neugeborenen vorwiegend durch die HF vergrößert. Die Variation der HF in den ersten Lebenswochen bei Kälbern, die Anstiege derselben bis zur 3. und 4. Lebenswoche bei SK (Steinhardt et al., 1997b) und bei TK-E sind in einem kausalen Zusammenhang mit den Bluteigenschaften, der Intensität des Stoffwechsels und dem Aktivitätsniveau der Tiere zu sehen. Bei TK in Einzelhaltung fällt die HF während der ersten postnatalen Lebenstage ab (Ermgassen, 1996). Korrelationen zwischen HF und Hb sind während dieser Entwicklungsperioden unter gewohnten Haltungsbedingungen bisher nicht nachweisbar gewesen, so daß Effekte durch Schilddrüsenhormone und durch das Aktivitätsniveau der Kälber vermutet werden können.

### Zusammenfassung

An Saugkälbern (SK) der Mutterkuhhaltung und Tränkkälbern (TK) in den Haltungsvarianten Gruppenaufzucht mit wechselnder Zusammensetzung und intensivem menschlichen Kontakt (TK-Gw), solchen mit konstanter Zusammensetzung und minimalem menschlichem Kontakt (TK-Gk) sowie an TK in Einzelhaltung (TK-E) wurden bei 15, 30, 60 und 90 Lebenstagen Langzeitmessungen und Blutuntersuchungen vorgenommen. Effekte der Haltungsvarianten auf metabolische und hämatologische Variablen sowie auf die Herzschlagfrequenz konnten an allen Untersuchungspunkten sicher nachgewiesen werden. Haupteinflussfaktoren sind Qualität, Menge und Verfügbarkeit der Nahrung, motorische Bewegungsmöglichkeit sowie Intensität und Qualität des Mensch-Tier-Kontaktes. Hauptunterschiede bestanden zwischen SK und TK-E einerseits sowie TK-Gk und TK-Gw andererseits. Änderungen physiologischer Variablen zwischen den Untersuchungspunkten und deren Korrelationen zum Ausgangswert wurden zur Charakterisierung individueller Anpassungsvorgänge und

deren Altersabhängigkeit und der Variation dieser Variablen genutzt. Aufstellung und Anwendung von Referenzwerten und Grenzwerten physiologischer Meßgrößen für klinisch-diagnostische Untersuchungen und für die Einschätzung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen für Kälber während der Aufzucht erfordern ein sorgfältiges Vorgehen und schließen Verallgemeinerungen und die Vernachlässigung insbesondere von Alter, Funktionszustand und Biorhythmizität aus.

**Species specific conditions in husbandry and physiologic functions of animals.**

**Maturity and adaptation at specific age periods in calves reared on different ways and their relationship to metabolic and hematological variables and to the heart rate of the animals.**

Suckler calves (SK, 65 animals) from the mother cow herd and dairy calves reared in groups of changing composition with intensified human-animal contact (TK-Gw, 42 animals) and in a group of constant composition with minimal service efforts and no supplementary human-animal contact (TK-Gk, 17 animals) fed with an automatic milk feeder or bucket fed calves reared single in crates (TK-E, 16 animals) were used for this investigation. At 15, 30, 60 and 90 days of postnatal age of calves long lasting measurements by way of heart rate recording for 24 hours and blood analyses were done. Effects of different rearing conditions on physiological variables became evident at all age points. Main factors consisted in quality, quantity and availability of feed, allowance and usage of motoric movements of animals and quality and intensity of human-animal contact as well. Main differences existed between SK and TK-E on one side and between TK-Gk and TK-Gw on the other side. Changes of physiological variables between age points and the relationships of these changes with the corresponding starting value at the age of 15 days (dairy calves) or 20 days (suckler calves) were used characterizing individual adaptation processes in calves and their dependence of maturity at special life age of animals and on the special rearing conditions. Elaborating and using reference data and establishing cutting points of physiological variables for clinical diagnostic tests and for assessing suitability of calf rearing conditions for animal welfare and animal protection aspects must be done carefully taking into consideration age of calves, their maturity and functional state of adaptation.

**Literatur**

- 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 de veau. - *Reprod. Nutr. Dev.* 37, S. 285-292.
- Allen, L. J., Kabbur, M. B., Cullor, J. S., Gardner, I. A. and George, L. W. (1997): Flow cytometric determination of peripheral blood lymphocyte subpopulations and haematological values in the neonatal calf. - *Comp. Haematol. Int.* 7, S. 7-13.
- Anderson, D. F., Binder, N. D. and Clemons, G. K. (1993): Mild hypoxaemia does not alter red blood cell production in fetal sheep. - *J. Physiol.* 472, S. 55-60.
- Buddington, R. K. (1992): Intestinal nutrient transport during ontogeny of vertebrates. - *Am. J. Physiol.* 263, R 503-R 509.
- Byers, J. A. (1984): Play in ungulates. - In: Smith, P. K. (ed.): *Play in Animals and Humans*. - Basil Blackwell Publ. Lm. Pt. 1, S. 43-65.
- 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.
- Challa, J., Braithwaite, G. D. and Dhanoa (1989): Phosphorus homeostasis in growing calves. - *J. agric. Sci., Camb.* 112, S. 217-226.
- 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.
- Dalinghaus, M., Gratama, J. W. C., Koers, J. H., Gerding, A. M., Meuzelaar, K. J., van de Berg, M., Zijlstra, W. G. and Kuipers, J. R. G. (1993): Body fluid compartment volumes in chronically hypoxemic lambs. - *Pediatr. Res.* 33, S. 267-272.
- Daniel, S. S., Stanley-James, L., Stark, R. I. and Tropper, P. J. (1989): Prevention of the normal expansion of maternal plasma volume: a model for chronic fetal hypoxaemia. - *J. Developm. Physiol.* 11, S. 225-233.
- Ermgassen, K. (1996): Untersuchungen zu Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. - *Vet. med. Diss. Leipzig*.
- Funaba, M., Saito, S., Kagiya, K., Iriki, T. and Abe, M. (1996): Bone growth rather than myofibrillar protein turnover is strongly affected by nutritional restriction at early weaning of calves. - *J. Nutr.* 126, S. 898-905.
- Gluckman, P. D. and Harding, J. E. (1997): The physiology and pathophysiology of intrauterine growth retardation. - *Horm. Res.* 48, Suppl. 1, S. 11-16.

- 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.
- Greatorex, J. C. (1954): Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. - *Brit. Vet. J.* 110, S. 120-133.
- Grimes, R. M., Duncan, G. W. and Lassiter, C. A. (1958): Bovine fetal hemoglobin. I. Postnatal persistence and relation to adult hemoglobins. - *J. Dairy Sci.* 41, S. 1039-1044.
- Grünberg, W. (1996): Untersuchung zur Eignung der Rinderrasse Deutsche Schwarzbunte (DSB) für eine ganzjährige Außenhaltung in besonderer Berücksichtigung der Abkalbung. - Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Grünberg, W., Steinhardt, M., Rath, D. und Niemann, H. (1998): Schilddrüsenhormone bei Saugkälbern der Rassen Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian. Einflüsse des Geburtsverlaufes und postpartale Anpassungsvorgänge. - *Tierärztl. Prax.* (im Druck).
- 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.
- Hubbert, W. T. and Miller, W. J. (1971): Developmental polymorphism in bovine hemoglobin. - *Am. J. Vet. Res.* 32, S. 1723-1730.
- Jelic, Z., Majkic-Singh, N., Berkes, P. and Berkes, L. (1981): The use of gel electrophoresis in the analysis of bovine haemoglobin. - *Acta Veterinaria (Beograd)* 31, S. 173-179.
- Kakuta, I. K., Orino, K., Yamamoto, S. and Watanabe, K. (1997): High level of ferritin and its iron in fetal bovine serum. - *Comp. Biochem. Physiol.* 118A, S. 165-169.
- Kamimura, S., Mori, K., Ohgi, T., Hatta, Takahashi, M., Tuskamoto, T., Onoe, S., Hirai, T. and Kudo, T. (1987): Effect of transportation on milk and blood components in dairy cattle. - *Bull. Hokkaido Prefectural Agricultural Experimental Station* 56, S. 66-73.
- Kitanaka, T., Alonso, J. G., Gilbert, R. D., Siu, B. L., Clemons, G. K. and Longo, L. D. (1989): Fetal responses to long-term hypoxemia in sheep. *Am. J. Physiol.* 256, R 1348-R 1354.
- Kuhlmann, W. D., Hodgson, D. S. and Fedde, M. R. (1985): Respiratory, cardiovascular, and metabolic adjustments to exercise in the Hereford calf. - *J. Appl. Physiol.* 58, S. 1273-1280.
- Kurz, M. M. and Willett, L. B. (1991): Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 2109-2118.
- Lee, C. K., Odell, G. V., Eliot, F. P. et al. (1971): Postnatal loss of bovine fetal hemoglobin. - *Am. J. Vet. Res.* 32, S. 1039-1044.
- Lim, G. B., Dodic, M., Earnest, L., Jeyaseelan, K. and Wintour, E. M. (1996): Regulation of erythropoietin gene expression in fetal sheep by glucocorticoids. - *Endocrinology* 137, S. 1658-1663.
- McGillivray, S. R., Searey, G. P. and Hirsch, V. M. (1985): Serum iron, total iron binding capacity, plasma copper and hemoglobin types in anemic and poikilocytic calves. - *Can. J. Comp. Med.* 49, S. 286-290.
- Miyata, Y., Furugouri, K. and Shijimaya, K. (1984): Developmental changes in serum ferritin concentration of dairy calves. - *J. Dairy Sci.* 67, S. 1256-1263.
- Moraga, F., Monge, C., Riquelme, R. and Llanos, A. J. (1996): Fetal and maternal blood oxygen affinity: A comparative study in llamas and sheep. - *Comp. Biochem. Physiol.* 115A, S. 111-115.
- Moritz, K. M., Cooper, E. and Wintour, E. M. (1992a): The effect of hemorrhage on erythropoietin concentration in the mature fetus. - *J. Dev. Physiol.* 17, S. 157-161.
- Moritz, K. M., Clemons, G., Tangalakis, K. and Wintour, E. M. (1992b): The effect of chronic and acute hemorrhage on erythropoietin in the neonatal lamb. - *J. Dev. Physiol.* 77, S. 709-717.
- Moritz, K. M., Owens, P. C. and Wintour, E. M. (1996): Changes in blood and red cell volume in the neonatal lamb and the effect of insulin-like growth factor I. - *Clin. Exper. Pharmacol. Physiol.* 23, S. 134-139.
- Mostello, D., Chalk, C., Khouri, J., Mack, C. E., Siddiri, T. and Clark, K. E. (1991): Chronic anemia in pregnant ewes: maternal and fetal effects. - *Am. J. Physiol.* 261, R 1075-R 1083.
- Murotsuki, J., Gagnon, R., Matthews, S. G. and Challis, J. R. G. (1996): Effects of long-term hypoxemia on pituitary-adrenal function in fetal sheep. - *Am. J. Physiol.* 271, E 678-E 685.
- Oltner, R. und Berglund, B. (1982): Blood levels of haemoglobin, leukocytes, glucose, urea, creatinine, calcium, magnesium and anorganic phosphorus in dairy calves from birth to 12 weeks of age. - *Swedish J. agric. Res.* 12, S. 23-28.
- Peters, C., Georgieff, M. K., de Alaron, P. A., Cook, R. T., Burmeister, L. F., Lowe, L. S. and Widness, J. A. (1996): Effect of chronic erythropoietin administration on plasma iron in newborn lamb. - *Biol. Neonate* 70, S. 218-228.
- Piguet, M., Bruckmaier, R. M. and Blum, J. W. (1993): Treadmill exercise of calves with different iron supply, husbandry, and work load. - *J. Vet. Med.* A40, 456-465.
- Pollock, J. M., Rowan, T. G., Carter, S. D., Spiller, D. and Warenius, H. (1993): Alteration of cellular immune responses by nutrition and weaning in calves. - *Res. Vet. Sci.* 55, S. 298-306.
- Potocnik, S. J. and Wintour, E. M. (1996): Development of the spleen as a red blood cell reservoir in lambs. - *Reprod. Fertil. Dev.* 8, S. 311-315.
- Purves, D. (1994): Neural activity and the growth of the brain. - Cambridge Univ. Press.

- Quigley, J.D. III., Smith, Z.P. and Heimann, R. N. (1991): Changes in plasma volatile fatty acids in response to weaning and feed intake in young calves. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 258-263.
- Reece, W. O. (1984a): Acid-base balance and selected hematologic, electrolyte, and blood chemical variables in calves: milk-fed vs. conventionally fed. - *Am. J. Vet. Res.* 41, S. 109-113.
- Reece, W. O. (1984b): Response of aemic calves to exertion. - *Am. J. Vet. Res.* 45, S. 437-439.
- Reece, W. O. (1984c): Acid-base balance and selected hematologic, electrolytic, and blood chemical variables in calves nursing cows: One week through fifteen weeks. - *Am. J. Vet. Res.* 45, S. 666-669.
- Reece, W. O., Self, H. L. and Hotchkiss, D. (1984): Injection of iron in newborn beef calves: Erythrocyte variables and weight gains with newborn-dam correlations. - *Am. J. Vet. Res.* 45, S. 2119-2122.
- Reece, W. O. and Hotchkiss, D. K. (1987): Blood studies and performance among calves reared by different methods. - *J. Dairy Sci.* 70, S. 1601-1611.
- Rice, R. W., Nelms, G. E. and Schoonover, C. O. (1967): Effect of injectable iron on blood hematocrit and hemoglobin and weaning weight of beef calves. - *J. Anim. Sci.* 26, S. 613-617.
- Sakata, S. and Enoki, Y. (1992): Developmental changes in plasma erythroid colony-stimulating activity in mice: cyclic erythropoiesis associated with rapid growth. - *J. Developm. Physiol.* 18, S. 211-216.
- Schalm, O. W. (1986): In: JAIN, N.C. (Ed.): *Schalm's Veterinary Hematology*. - Lea and Febiger, Philadelphia, PA, 4th. Ed., Chap. 7, S. 178.
- Shields, L. E., Widness, J. A. and Brace, R. A. (1993): Restoration of fetal red blood cells and plasma proteins after a moderately severe hemorrhage in the ovine fetus. - *Am. J. Obstet. Gynecol.* 169, S. 1472-1478.
- Shields, L. E., Widness, J. A. and Brace, R. A. (1996): The hematologic and plasma iron responses to severe fetal hemorrhage in the ovine fetus. - *Am. J. Obstet. Gynecol.* 174, S. 55-61.
- Steffen, S. (1989): Die Nebennierenrindenfunktionsprüfung beim neugeborenen Kalb mit dem ACTH-Stimulierungstest. - *Vet. med. Diss. Hannover*.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1997a): Reaktionsmuster von Saugkälbern auf Transportbelastung. - *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 177*, S. 184-202.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1997b): Entwicklungsqualität von Kälbern während der Milchnährungsperiode und Reaktionsformen der Tiere auf Transport mit Straßenfahrzeugen. - *Landbauforschung Völkenrode 48*, S. 159-173.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998a): Reaktionen junger Milchrindkälber und junger Saugkälber der Mutterkuhhaltung auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte durch Alter und Haltungsbedingungen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 105, S. 17-24.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998b): Reaktionen von Milchrindkälbern im Alter von 60 Lebens- tagen auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte durch Haltungsvarianten und Entwicklungsqualität der Kälber. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 105 (im Druck).
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998c): Wiederholte Transportbelastung und Reaktionsformen von Tränkkälbern auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte von Haltungsvarianten und individuelle Reaktionsformen. - *Landbauforschung Völkenrode 48 (im Druck)*.
- Steinhardt, M., Bünger, U., Grätsch, U., Langanke, M. und Gollnast, I. (1993a): Spurenelemente in der Leber und im Herzmuskel totgeborener Kälber des Milchrindes. - *Tierärztl. Prax.* 21, S. 13-17.
- Steinhardt, M., Bünger, U., Langanke, M., Gollnast, I. und Kutschke, J. (1993b): Spurenelementausstattung neugeborener Kälber - Einflüsse des Muttertieres sowie von genetischer Konstruktion, Geschlecht und Reifegrad des Neugeborenen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 100 (3), S. 121-124.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Horn, R. von, Horn, T. von, 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., Horn, R. von, Horn, T. von, Ermgassen, K., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995a): Anpassungsreaktionen von Milchrindkälbern in den ersten Lebensstagen. Einflüsse durch Geburtsverlauf und individuelle Regelbreite. - *Tierärztl. Prax.* 23, S. 243-249.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Lehr, A., Ihnen, B., Szalony, S., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995b): Klinisch-chemische und hämatologische Blutwerte und Anpassungsreaktionen bei Saugkälbern in den ersten Lebenswochen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 102, S. 399-405.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Dehn, H., Horn, T. von, Horn, R. von 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., Horn, T. von, Horn, R. von, 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., Zerbe, F. und Smidt, D. (1996c): Wachstum und Entwicklung von Kälbern der HF, DSB, DRB und der Kreuzung G x HF in Gruppenhaltung am Tränkeautomaten. - *Landbauforschung Völkenrode 46*, S. 174-180.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Zerbe, F. und Smidt, D. (1997a): Entwicklungsqualität, Adapta-

- tionsreaktionen und klinischchemische Blutwerte von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern. - Dtsch. tierärztl. Wschr. 104, S. 3-8.
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Ermgasen, K. und Lehr, A. (1997b): 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.
- Strain, G. M., Graham, M. C., Claxton, M. S. and Olcott, B. M. (1989): Postnatal development of brainstem auditory-evoked potentials, electroretinograms, and visual-evoked potentials in the calf. - J. Vet. Intern. Med. 3, S. 231-237.
- 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.
- Takeuchi, T., Suzuki, M., Sitizyo, K. and Saito, T. (1993): Postnatal development of visual evoked potentials in Japanese black calves. - Japan. J. Physiol. 43, S. 809-815.
- Teitel, D. F. (1996): Fetal chemoreception: a developing story. Reprod. - Fertil. Dev. 8, S. 471-482.
- Tennant, B., Harrold, D., Reina-Guerra, M. et al. (1974): Hematology of the neonatal calf: erythrocyte and leukocyte values of normal calves. - Cornell Vet. 64, S. 516-532.
- Thielscher, H.-H. (1994): Hämoglobingehalt und Laktatkonzentration bei Kälbern unter extensiven und intensiven Haltungsbedingungen. - Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 107, S. 20-22.
- Tisdall, M. and Crowley, J. P. (1971): The pattern of disappearance of foetal haemoglobin in young calves. - Res. Vet. Sci. 12, S. 583-584.
- Tyler, H. and Ramsey, H. (1991): Hypoxia in neonatal calves: effect on selected metabolic parameters. - J. Dairy Sci. 74, S. 1957-1962.
- Vazquez-Anon, M., Heinrichs, A. J., Aldrich, J. M. and Varga, G. A. (1993): Postweaning age effects on rumen fermentations endproducts and digesta kinetics in calves weaned at 5 weeks of age. - J. Dairy Sci. 76, S. 2742-2748.
- Veng-Petersen, P., Modi, N. B., Widness, J. A., Pereira, L. M., Schmidt, R. L. and Georgieff, M. K. (1993): A system approach to pharmacodynamics. Plasma iron mobilization by endogenous erythropoietin in the sheep fetus; evidence of threshold response in spontaneous hypoxemia. - J. Pharm. Sci. 82, S. 804-807.
- Vermorel, M., Vernet, J., Dardillat, C., Saïdo, 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.
- Wilson, R. A., Zolnai, A., Rudas, P. and Frenyo, L. V. (1996): T-cell subsets in blood and lymphoid tissues obtained from fetal calves, maturing calves, and adult bovine. - Vet. Immunol. Immunopathol. 53, S. 49-60.
- Wintour, E. M., Smith, M. B., Bell, R. J., McDougall, J. G. and Gauchi, M. N. (1985): The role of fetal adrenal hormones in the switch from fetal to adult globin synthesis in the sheep. J. Endocrinol. 104, S. 165-170.

Verfasser: Steinhardt, Martin, Dr. med. vet. habil.; Thielscher, Hans-Hermann, Dr. med. vet., Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Institutsteil Trenthorst/Wulmenau, Leiter: Prof. Dr. sc. agr. Dr. habil. Dr. h. c. Franz Ellendorff (M. Sc.).

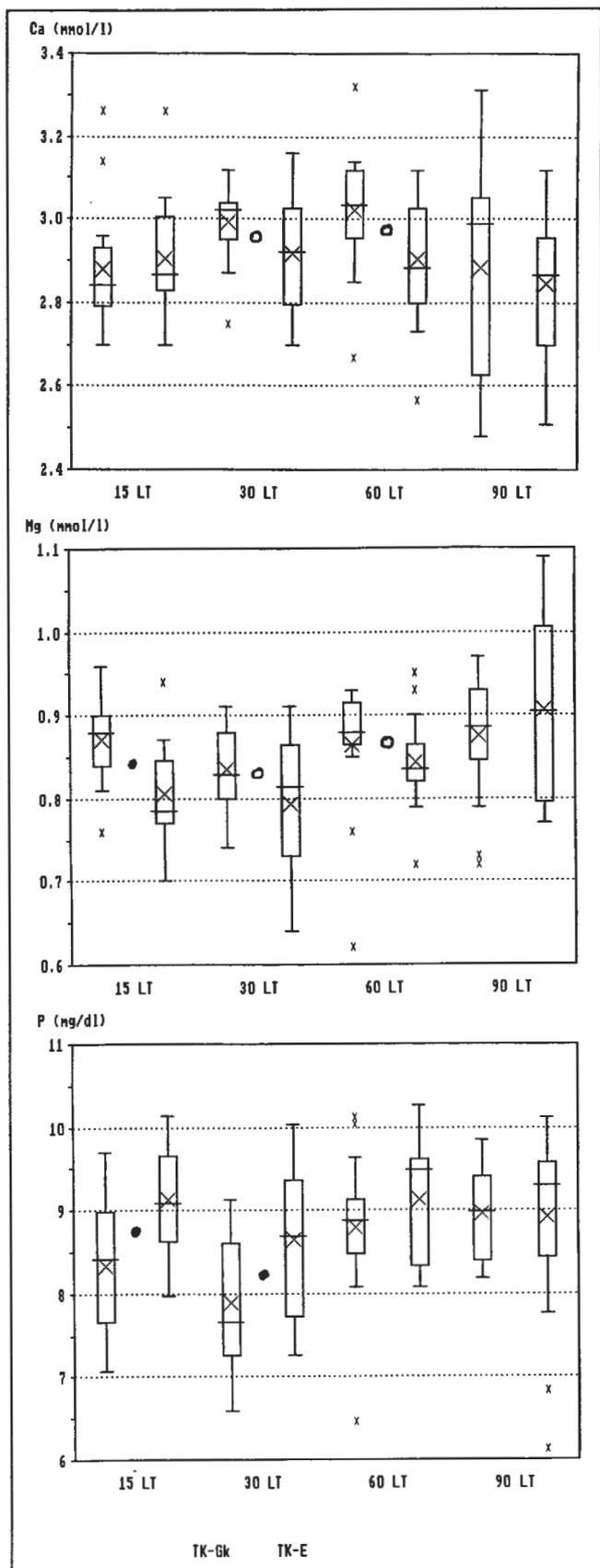
## Anhang: Tabellen und Abbildungen

**Tabelle 1: Serumprotein und Serumalbumin bei Saugkälbern und Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten während der Aufzucht, Statistiken**

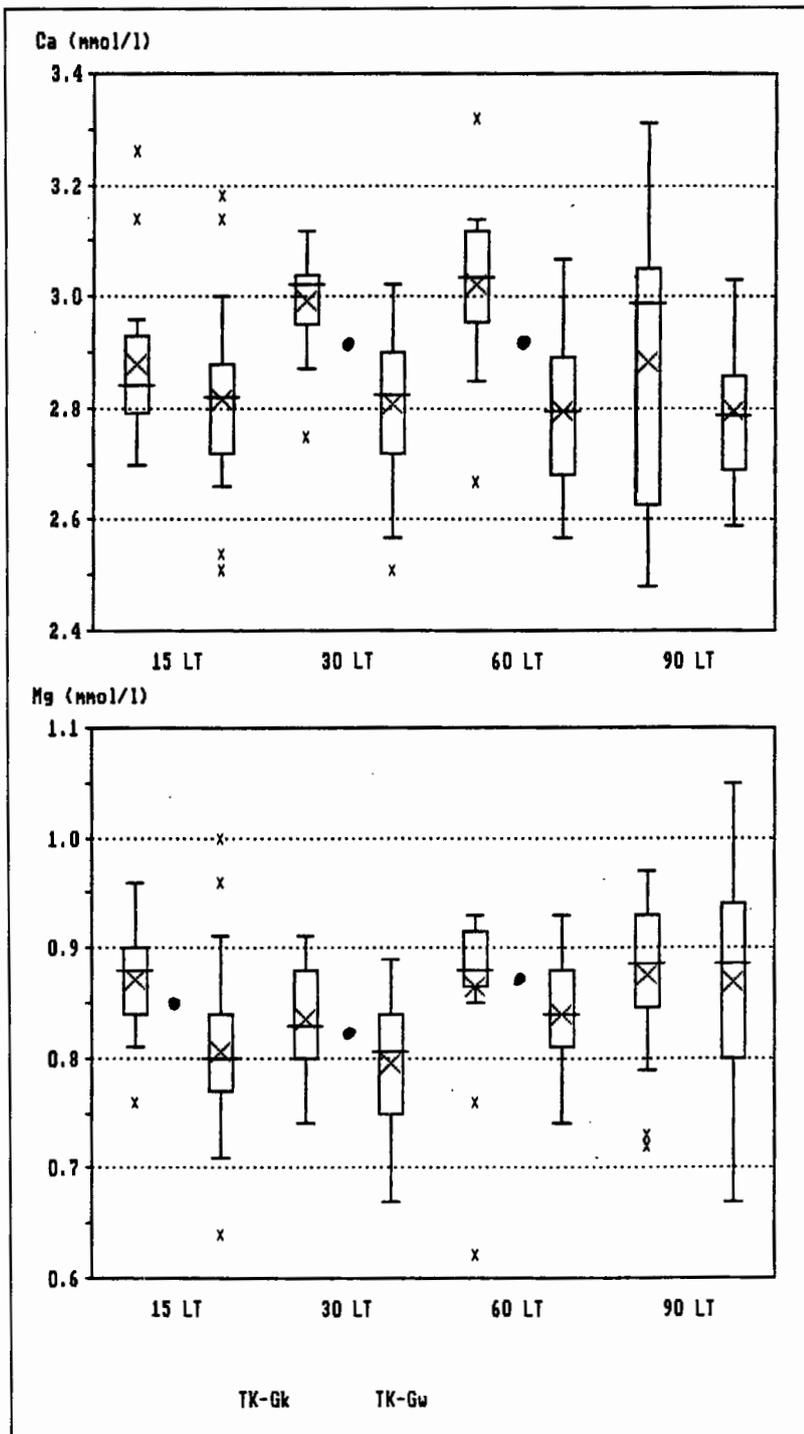
			15 LT	20 LT	30 LT	60 LT	90 LT
Gesamtprotein (g/l)	SK	n		65		60	59
		x		52,7 <sup>a</sup>		52,2	54,6 <sup>a</sup>
		s		6,2		4,7	4,6
		min		41,2		43,9	47,8
		max		68,1		62,6	64,8
	TK-E	n	16		16	16	16
		x	54,2 <sup>a</sup>		51,7	52,7	57,4 <sup>b</sup>
		s	6,7		8,6	6,7	4,7
		min	40,1		31,8	37,0	46,2
		max	68,1		65,4	63,5	64,2
	TK-Gk	n	17		17	16	16
		x	46,9 <sup>b</sup>		50,2	50,8	51,6 <sup>c</sup>
		s	4,7		4,9	3,9	7,0
		min	40,7		39,3	43,2	37,3
		max	56,3		57,8	57,0	63,0
	TK-Gw	n	42		42	42	42
		x	47,1 <sup>b</sup>		48,0	51,1	57,7 <sup>b</sup>
		s	7,6		6,5	6,6	4,3
		min	29,8		33,6	37,2	44,7
		max	64,5		61,1	66,1	69,8
Albumin (g/l)	SK	n		65		60	59
		x		30,4 <sup>a</sup>		32,3 <sup>a</sup>	33,2 <sup>a</sup>
		s		2,6		2,6	3,1
		min		24,8		25,4	25,0
		max		36,3		38,2	42,4
	TK-E	n	16		16	16	11
		x	32,7 <sup>b</sup>		32,8 <sup>a</sup>	32,6 <sup>a</sup>	33,1 <sup>a</sup>
		s	3,8		5,2	4,1	3,7
		min	26,4		21,5	24,6	24,5
		max	38,9		40,2	38,7	37,7
	TK-Gk	n	17		17	16	8
		x	29,3 <sup>c</sup>		30,4 <sup>a</sup>	30,1 <sup>b</sup>	30,0 <sup>b</sup>
		s	3,4		4,1	3,4	3,3
		min	24,9		22,2	22,9	24,3
		max	35,4		36,1	35,8	34,3
	TK-Gw	n	42		42	42	40
		x	28,0 <sup>c</sup>		29,4 <sup>b</sup>	30,0 <sup>b</sup>	31,8 <sup>a</sup>
		s	3,9		3,1	3,7	3,1
		min	19,2		22,6	20,6	25,4
		max	34,2		36,4	37,2	36,6
a,b,c Mittelwerte mit gleichen Buchstaben in der Säule nicht verschieden							

**Tabelle 2: Kreatinin- und Harnstoffkonzentration bei Saugkälbern und Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten während der Aufzucht, Statistiken**

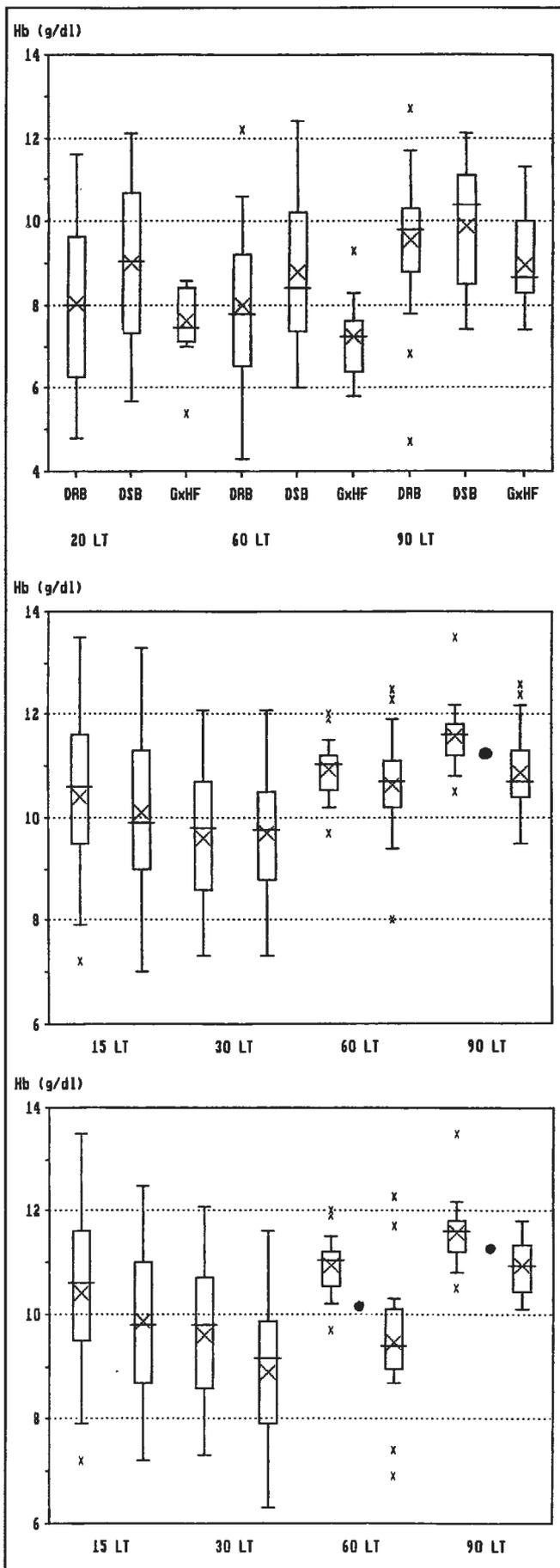
			15 LT	20 LT	30 LT	60 LT	90 LT
Kreatinin (mg/dl)	SK	n		65		60	59
		x		1,1 <sup>a</sup>		1,08 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>
		s		0,18		0,21	0,20
		min		0,73		0,63	0,84
		max		1,67		1,67	1,58
	TK-E	n	16		16	16	16
		x	1,23 <sup>b</sup>		1,11	1,07 <sup>a</sup>	1,04 <sup>b</sup>
		s	0,17		0,16	0,15	0,11
		min	0,98		0,94	0,85	0,87
		max	1,46		1,46	1,34	1,30
	TK-Gk	n	17		17	16	16
		x	1,37 <sup>c</sup>		1,12	1,00 <sup>b</sup>	0,94 <sup>c</sup>
		s	0,11		0,13	0,09	0,08
		min	1,22		0,95	0,82	0,76
		max	1,56		1,31	1,18	1,08
	TK-Gw	n	42		42	42	42
		x	1,31 <sup>d</sup>		1,11	0,98 <sup>b</sup>	0,89 <sup>d</sup>
		s	0,21		0,14	0,1	0,1
		min	0,89		0,94	0,8	0,76
		max	1,94		1,52	1,35	1,23
Harnstoff (mg/dl)	SK	n		65		60	59
		x		20,4 <sup>a</sup>		18,8 <sup>a</sup>	21,0 <sup>a</sup>
		s		6,4		5,1	5,2
		min		7,4		7,6	10,0
		max		37,4		43,2	40,8
	TK-E	n	16		16	16	16
		x	22,3 <sup>a</sup>		22,8 <sup>a</sup>	21,1 <sup>b</sup>	27,0 <sup>b</sup>
		s	7,6		7,4	4,3	5,1
		min	8,6		12,0	11,6	16,6
		max	33,8		40,5	28,9	33,5
	TK-Gk	n	17		17	16	16
		x	16,8 <sup>b</sup>		19,7 <sup>a</sup>	16,8 <sup>a</sup>	26,3 <sup>b</sup>
		s	3,6		3,7	4,5	6,4
		min	9,0		15,9	13,1	16,3
		max	23,6		29,0	27,7	44,4
	TK-Gw	n	42		42	42	42
		x	18,6 <sup>b</sup>		18,2 <sup>b</sup>	21,9 <sup>b</sup>	28,2 <sup>b</sup>
		s	3,9		4,5	4,5	6,5
		min	12,1		8,0	10,2	16,0
		max	30,1		28,0	32,0	46,7
a,b,c,d Mittelwerte mit gleichen Buchstaben in der Säule nicht verschieden							



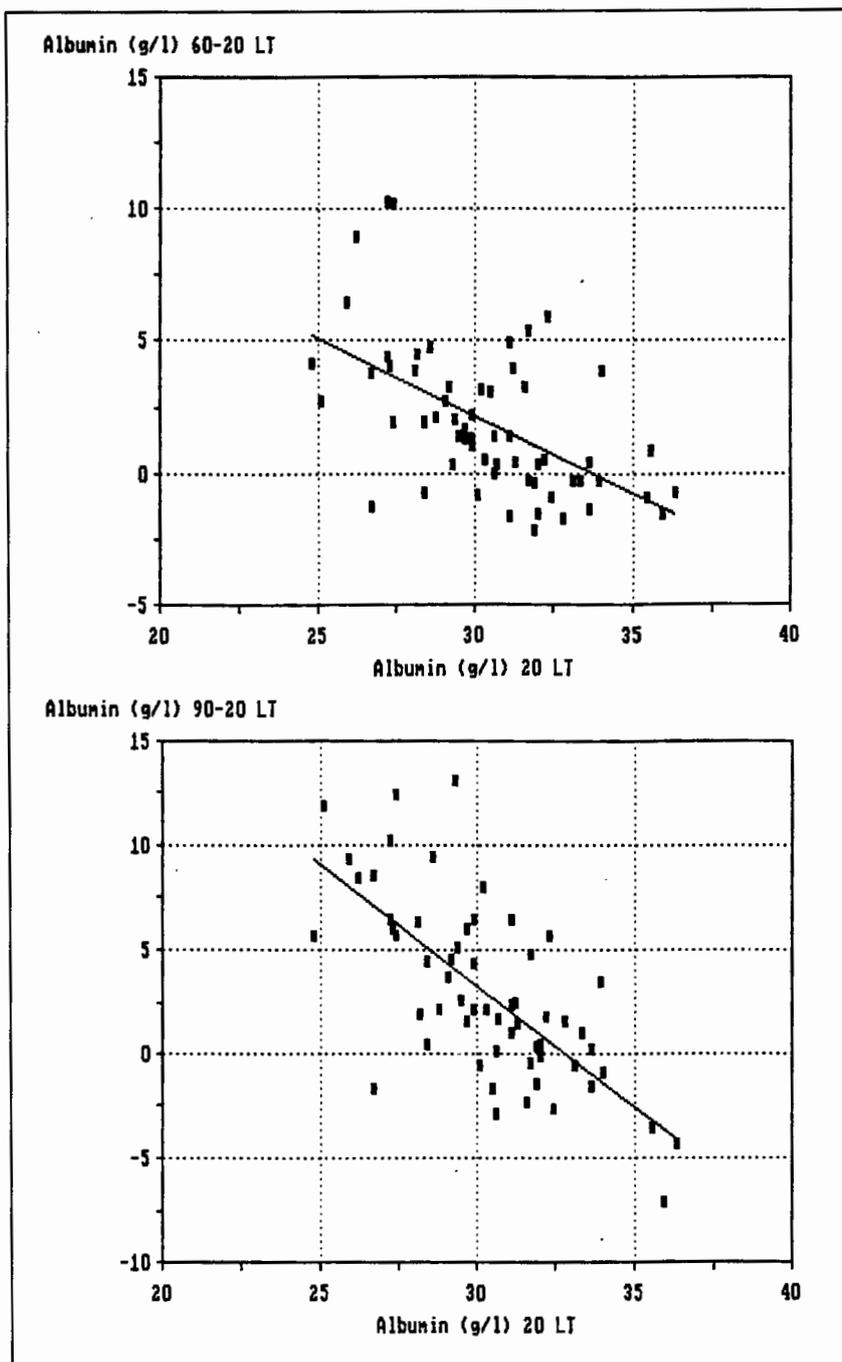
**Abbildung 1:** Konzentrationen von Ca, Mg und P des Blutes bei Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten, Box and Whisker Plots, Gruppen TK-Gk und TK-E, Mittelwertunterschiede: Punkt p < 0,01; Kreis p < 0,05



**Abbildung 2:** Konzentration von Ca und Mg des Blutes bei Tränkkälbern an verschiedenen Alterspunkten, Box and Whisker Plots, Gruppen TK-Gk und TK-Gw, Mittelwertunterschiede: Punkt  $p < 0,01$ ; Kreis  $p < 0,05$



**Abbildung 3:** Hämoglobinkonzentration des Blutes bei Kälbern an verschiedenen Alterspunkten, Box and Whisker Plots, Saugkälber (oberer Teil), Tränkkälbergruppen TK-Gk und TK-Gw (mittlerer Teil) und TK-Gk und TK-E (unterer Teil), Mittelwertunterschiede: Punkt  $p < 0,01$ ; Kreis  $p < 0,05$



**Abbildung 4:** Beziehungen zwischen der Änderung der Serumalbuminkonzentration zwischen 60 und 20 LT (oberer Teil) sowie zwischen der Änderung der Serumalbuminkonzentration zwischen 90 und 20 LT (unterer Teil) und dem Ausgangswert der Serumalbuminkonzentration bei 20 LT von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung, Einzelwerte und Regressionsgraden

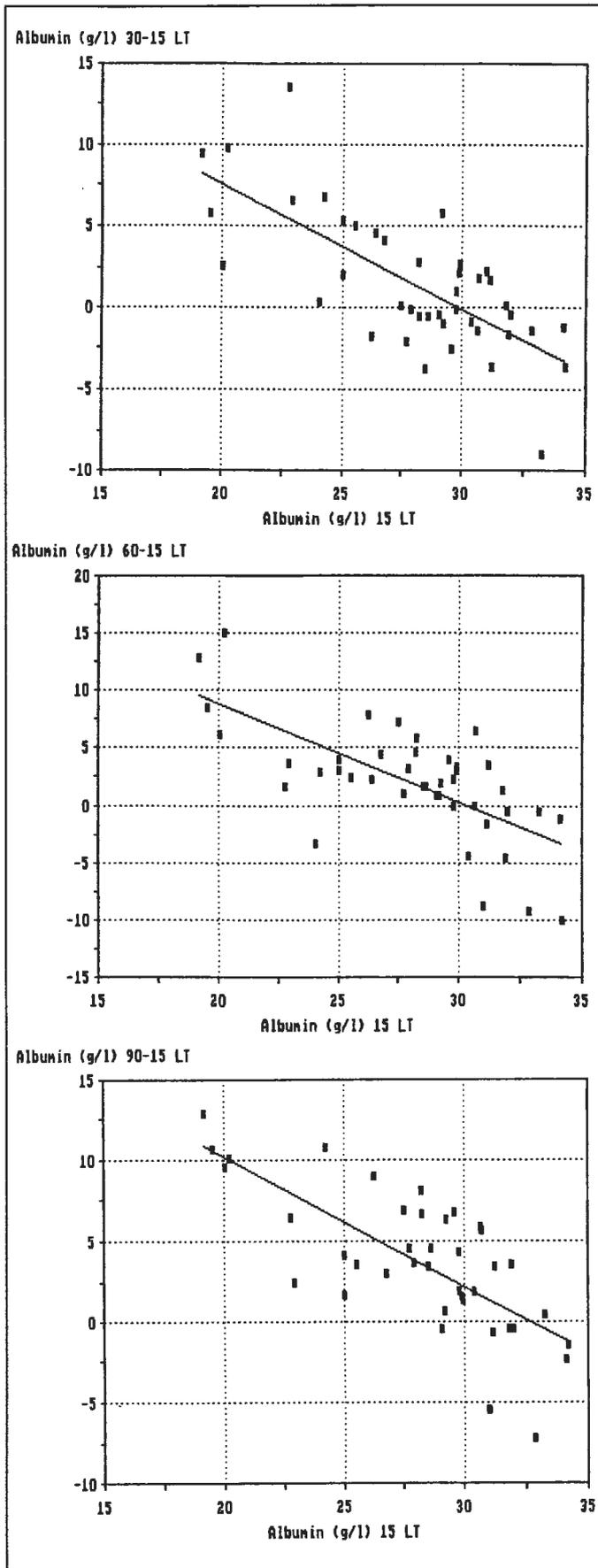
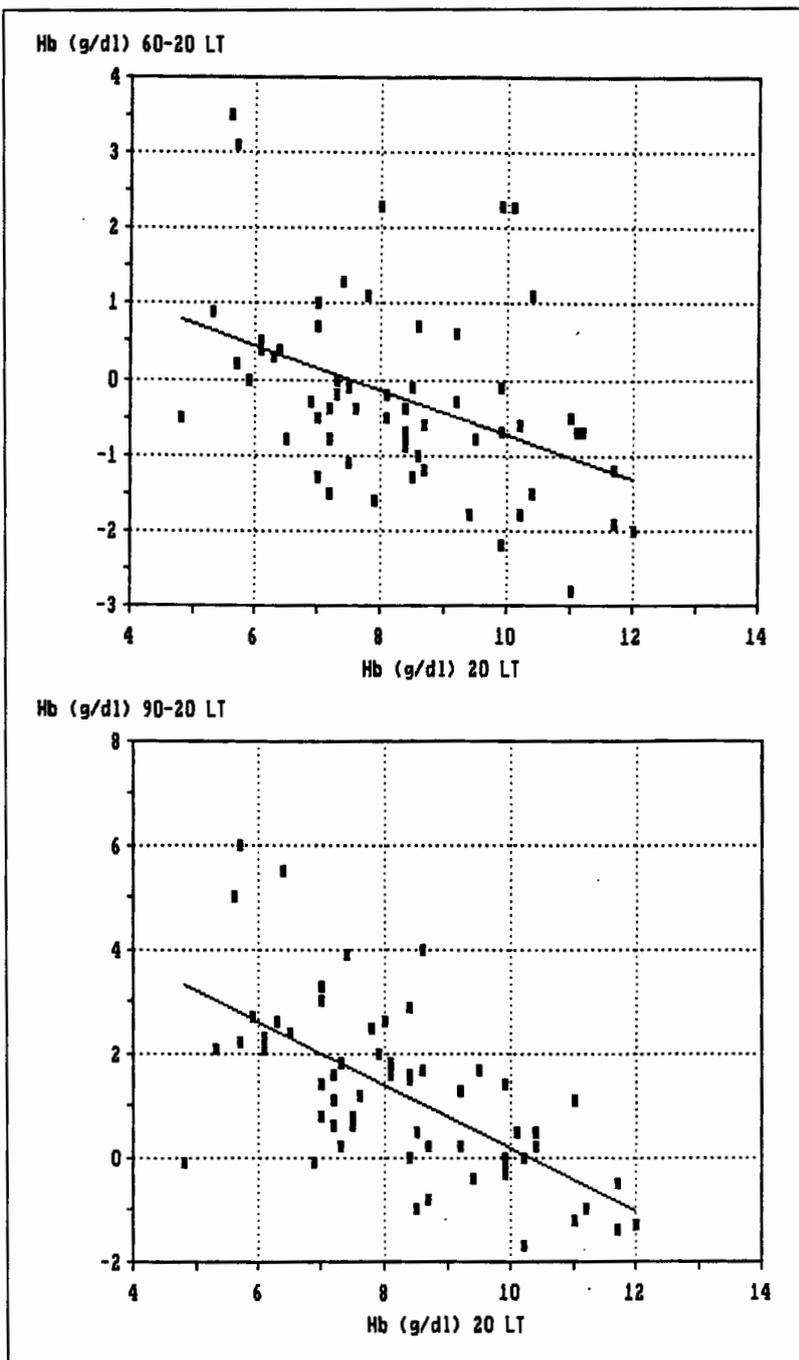
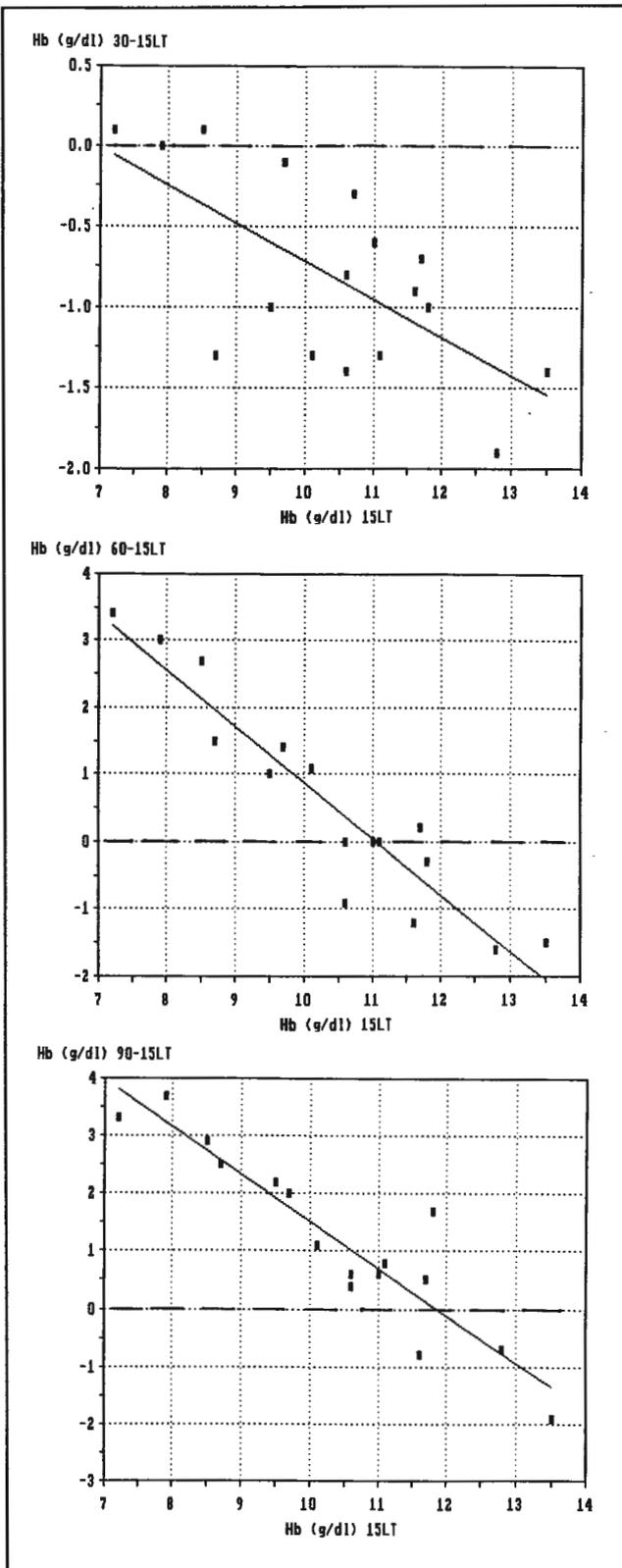


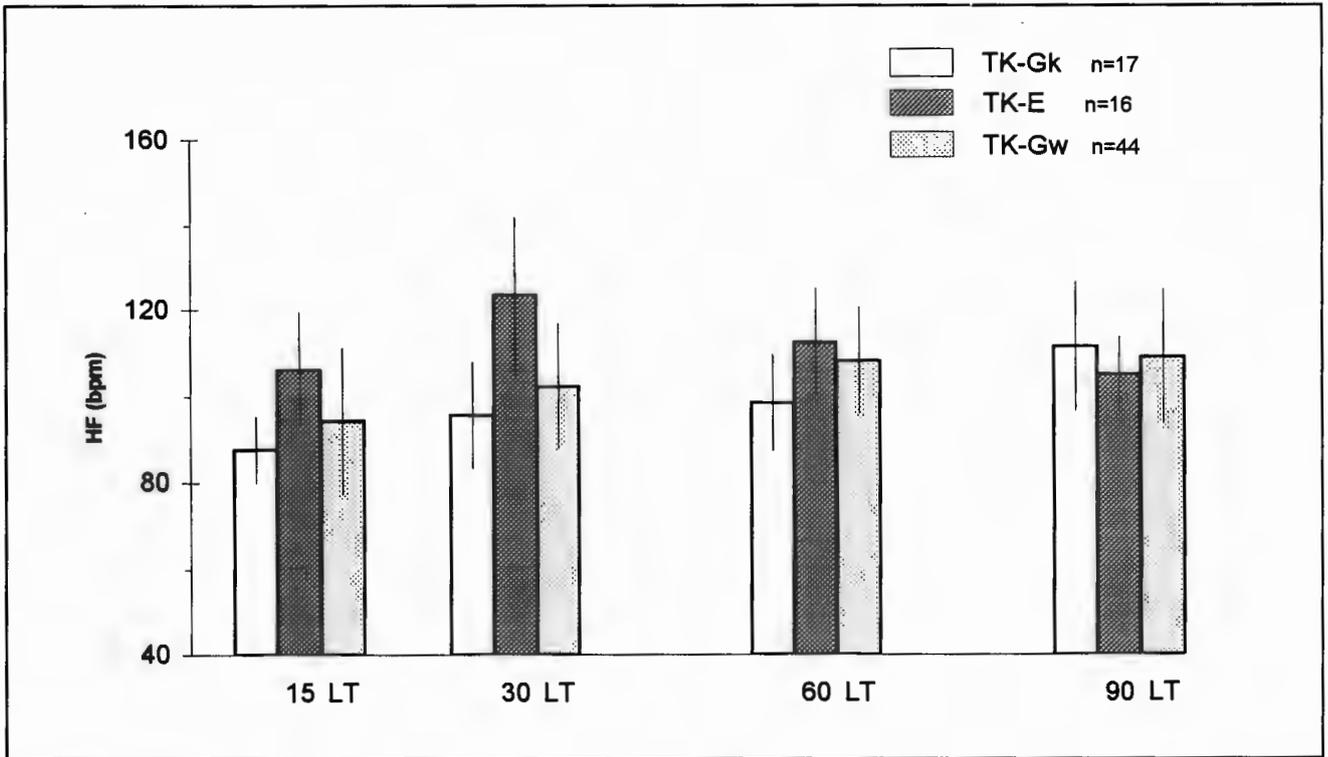
Abbildung 5: Beziehungen zwischen der Änderung der Serumalbuminkonzentration zwischen 30 und 15 LT (oberer Teil), zwischen der Änderung der Serumalbuminkonzentration zwischen 60 und 15 LT (mittlerer Teil) sowie zwischen der Änderung der Serumalbuminkonzentration zwischen 90 und 15 LT (unterer Teil) und dem Ausgangswert der Serumalbuminkonzentration bei 15 LT von Tränkkälbern der Gruppe TK-Gw, Einzelwerte und Regressionsgraden



**Abbildung 6:** Beziehungen zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration zwischen 60 und 20 LT (oberer Teil) sowie zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration zwischen 90 und 20 LT und dem Ausgangswert der Hämoglobinkonzentration des Blutes von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung bei 20 LT, Einzelwerte und Regressionsgraden



**Abbildung 7:** Beziehungen zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration zwischen 30 und 15 LT (oberer Teil), zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration zwischen 60 und 15 LT (mittlerer Teil) sowie zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration zwischen 90 und 15 LT (unterer Teil) und dem Ausgangswert der Hämoglobin-konzentration des Blutes der Tränkkälbern der Gruppe TK-Gk bei 15 LT, Einzelwerte und Regressionsgraden



**Abbildung 8:** Herzfrequenz (bpm = Herzschläge/min) von TK an verschiedenen Alterspunkten während der Aufzucht, Gruppen nach Haltungsverantien, Mittelwerte und Standardabweichungen