

Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren.

Entwicklungsqualität und Anpassungsreaktionen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern in spezifischen Altersperioden sowie jahreszeitliche Effekte durch Geburtsperioden und Aufzuchtbedingungen

MARTIN STEINHARDT und HANS-HERMANN THIELSCHER

Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee,
Institutsteil Trenthorst/Wulmenau

1 Einleitung

Für Adaptations- und Wachstumsleistungen bei Kälbern während der Aufzucht in speziellen Anwendungsvarianten eines Aufzuchtverfahrens liegen Untersuchungsansätze an einem größeren Tiermaterial (Steinhardt et al., 1997a) und Vergleiche von Haltungsvervarianten der Gruppenaufzucht von Milchrindkälbern und Kreuzungstieren vor (Steinhardt und Thielscher, 1998a). Bemerkenswert ist die große Variationsbreite vieler physiologischer Variablen bei Kälbern, deren Ursachen nur teilweise bekannt und daher noch weiter zu untersuchen sind. Mittelwertunterschiede einiger Variablen zwischen Haltungsvervarianten wurden innerhalb bestimmter Altersperioden in einigen Fällen nachweisbar. Bisher liegen keine zuverlässigen Angaben darüber vor, welche Ausmaße Effekte jahreszeitlicher Geburtsperioden und eine kontinuierliche, länger andauernde Nutzung einer Aufzuchteinrichtung auf funktionelle und kapazitive Merkmale von Funktionssystemen bei Kälbern während der Aufzucht haben.

Wir interessierten uns für die Frage, wie sich die jahreszeitliche Verteilung der Geburten der Kälber bzw. die länger andauernde, kontinuierliche Nutzung einer Aufzuchtanlage hinsichtlich der Entwicklungsqualität und der Anpassungsleistungen der Kälber auswirken und ob sich an physiologischen Variablen der Kälber Effekte solcher Faktoren nachweisen lassen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Zeit vom 10.10.1997 bis 25.06.1998 an Kälbern der Milchrindherde des Instituts (Deutsche Holstein Friesian, Deutsche Rotbunte) vorgenommen. Kälber aus dem Geburtszeitraum Oktober und November wurden als Gruppe A und solche aus dem Geburtszeitraum Dezember bis April als Gruppe B bezeichnet. Die Kälber sind in Gruppenhaltung am Tränkeautomaten (Fa. Förster) aufgezogen worden. Nach der Geburt verblieben die Kälber 5 bis 7 Tage in einer Gruppenbox (4 m x 4,4 m) mit Stroheinstreu innerhalb des Milchrindstalles und erhielten Kolostralmilch und Frischmilch gegen 7.00 Uhr und 16.00 Uhr aus Tränkeimern mit Nuckel. Die weitere Aufzucht erfolgte in zwei Gruppenboxen (jeweils 3 m x 17 m mit 20 bis 25 Tieren), die kontinuierlich aufge-

füllt und in welchen Tiere regelmäßig ausgewechselt wurden. Pelletiertes Kraftfutter konnte über den Automaten abgerufen werden. Gleichzeitig wurden Heu und Silage angeboten. Außerdem bestand die Möglichkeit der Wasseraufnahme aus Selbsttränken. Lecksteine ermöglichten die Aufnahme von Kochsalz.

Die Untersuchungen (U1, U2, U3, U4) wurden an den Alterspunkten 5, 15, 40 und 60 Lebenstagen (LT) blockweise und stets in der Tageszeit zwischen 07.00 Uhr und 09.00 Uhr vorgenommen, und zwar bei Kälbern im Alter von 5 Tagen vor der morgendlichen Tränke. An den übrigen Alterspunkten hatten die Kälber um 20.00 Uhr die letzte Möglichkeit zur Aufnahme der Flüssignahrungsration. Am Morgen des folgenden Tages wurden sie in Einzelboxen (Grundfläche 0,9 m x 1 m) mit Stroheinstreu gebracht, in welchen Probennahmen und Anlegen von Meßeinrichtungen erfolgten. Gegen 10.30 Uhr wurden die Kälber wieder in die Gruppenhaltung zurückgebracht, in welcher Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz (HF) an den Tieren mit Hilfe des Polar Sport Testers kontinuierlich über 24 Std. vorgenommen wurden (Steinhardt et al., 1997b). Während der Probennahmen erfolgte die Speicherung in 5-sec-Intervallen und während der übrigen Tageszeit in 60-sec-Intervallen.

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-, Glukose-, Harnstoff-, Kreatinin-, T4-, FT4-, T3-, FT3- und Cortisolkonzentration sowie diejenige von Ca, Mg, P und Fe. Säure-Basen-Status und Blutgasgehalte wurden mit dem AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments Graz, Österreich, die Blutinhaltsstoffe im Analysenautomaten (Kone, Finnland) mit Reagenzien der Firmen Boehringer und Merck bestimmt. Die Blutproben analysierten wir außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical Instruments AG, mit welchem neben Meßgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung (O₂SAT), Sauerstoffkapazität (O₂CAP) und der Sauerstoffgehalt (O₂CONT), die Hämoglobinderivate Oxyhämoglobin (O₂Hb), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxyhämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können. Die

Schilddrüsenhormone T4, FT4, T3 und FT3 wurden mit einem Lumineszenz-Enzym-Immunoassay (LEIA) und mit dem Gerätesystem von Nichols Diagnostics und Cortisol mit einem Radio-Immunoassay (RIA) bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit dem Paket PC-Statistik von Topsoft Hannover bearbeitet und die Regressions- und Korrelationsrechnung sowie die Varianzanalyse genutzt. Mittelwerte zweier Gruppen wurden mit dem t-Test geprüft. Die Irrtumswahrscheinlichkeit ist in den **Tabellen und Abbildungen (Anhang)** angegeben. Für die graphische Darstellung sind Box and Whisker Plots genutzt worden, die einen hohen Informationsgehalt haben. Die Box umfaßt den Halftespielraum 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 Wert als effektive Grenze für die Whisker gewählt. Daten außerhalb dieser Grenzen werden eingezeichnet (Extremwerte bzw. Ausreißer). Die Ergebnisse werden in dem vorliegenden Bericht in ausgewählten Beispielen wiedergegeben.

3 Ergebnisse

Geburtsperioden und physiologische Variablen bei Kälbern

Signifikante Unterschiede der Mittelwerte physiologischer Variablen bei den Kälbergruppen A und B sind den **Tabellen 1 bis 4 (Anhang)** zu entnehmen. Beständig sind diese Mittelwertunterschiede bei den Hämoglobinderivaten und bei den Meßgrößen der Sauerstoffbindung des Hämoglobins und des Sauerstoffgehaltes des Blutes sowie bei der Ca-Konzentration des Blutplasmas vorhanden. An einigen Alterspunkten lassen sich auch bei anderen Variablen Mittelwertunterschiede sicher nachweisen. Dies betrifft alle übrigen Variablen außer HF, pO₂, Hk und Gesamtprotein und bezieht sich auf 5 LT (RT, Hb, Albumin, Harnstoff, P, Fe), auf 15 und 40 LT (Cortisol, Kreatinin, Laktat, Glukose, Hb, pH, pCO₂, HCO₃, P) sowie auf 60 LT (RT, Laktat, Mg).

Bei der Kälbergruppe B sind kleinere RT, Kreatinin- sowie Fe-Werte und größere Hb-, Cortisol-, Albumin- und Glukosewerte festzustellen. Wechselnd kleiner oder größer an den Alterspunkten sind bei dieser Kälbergruppe Laktat, pH, pCO₂, HCO₃, P, Harnstoff und MetHb.

Änderungen physiologischer Variablen während der Aufzucht

Änderungen der Variablen an den 4 Untersuchungspunkten können an den Mittelwerten und an den Korrelationen der Meßgrößen zwischen den Untersuchungspunkten während der Aufzucht nachgewiesen werden. Diese Änderungen der Variablen sind von unterschiedlicher Richtung und von unterschiedlichem Ausmaße und können in einigen Fällen zu sicheren Mittelwertunterschieden zwischen

den Gruppen führen. Zu bemerken sind Abnahmen von HF, Kreatinin, Glukose, Cortisol und Ca und Zunahmen von Albumin, Hb und Fe. Bei vielen Variablen sind Änderungen mit dem Alter an den Mittelwerten nicht sicher nachzuweisen, an den Regressionen sind sie jedoch deutlich zu erkennen. Dies wird an den Beispielen Hb, Gesamtprotein und Albumin aufgezeigt (**Tabellen 5 und 6, Anhang**). Die Änderungen dieser Variablen zwischen den Untersuchungspunkten weisen hohe Korrelationen mit dem Ausgangswert bei 5 LT auf, und die Korrelations- und Regressionskoeffizienten sind teilweise zwischen den Kälbergruppen A und B unterschiedlich (**Tabelle 6, Anhang**). Die mittleren Änderungen der Variablen zwischen den Untersuchungspunkten U1 bis U4 unterscheiden sich sicher zwischen den beiden Kälbergruppen (**Tabelle 5, Anhang**).

Individualspezifische Anpassungsvorgänge in spezifischen Altersperioden

Die individuellen Änderungen der Variablen zwischen den Untersuchungspunkten U1 und U4 lassen deutlicher als die Mittelwerte Grad und Ausmaß der Anpassungsvorgänge bei Kälbern der beiden Gruppen erkennen (**Tabellen 6; Abbildungen 1 bis 3, Anhang**). Dies läßt sich zuverlässig mit Hilfe der Korrelationen und Regressionen der Variablen zwischen den Alterspunkten und auch mit jenen der Änderungen der Variablen in spezifischen Altersperioden und den Ausgangswerten der jeweiligen Variablen nachweisen.

Lineare Korrelationen der Variablen zwischen den Untersuchungspunkten konnten für Gesamtprotein, Albumin, Kreatinin, die Mineralstoffe und Hämoglobinderivate COHb, MetHb sowie für RT in einzelnen Fällen nachgewiesen werden. Für Hb war dies nicht möglich, da bei einem Teil der Tiere stärkere Änderungen von Hb vonstatten gegangen sind, die eine Kurvenanpassung als Parabel vorteilhafter erscheinen lassen.

Die Änderungen der Meßgrößen zwischen den Untersuchungspunkten hatten enge Beziehungen zu dem Ausgangswert bei 5 LT. Regressionen und Korrelationen zeigen, welche prinzipiellen und individualspezifischen Änderungen der Variablen zwischen den gewählten Alterspunkten vonstatten gehen.

Die Beziehungen unterscheiden sich zwischen den Kälbergruppen insbesondere in dem Altersbereich zwischen 5 und 15 LT an den Korrelations- und Regressionskoeffizienten der Variablen (**Tabelle 6, Anhang**) und in allen Altersbereichen an denjenigen der Variable Albumin (**Tabelle 6, Anhang**). Die mittleren Änderungen dieser Meßgrößen in den Altersperioden (**Tabelle 5, Anhang**) bestätigen die stärkeren Reaktionen der Kälbergruppe B aus dem Geburtszeitraum von Dezember bis April.

Korrelationen zwischen physiologischen Variablen an den Untersuchungspunkten

An den Untersuchungspunkten bestehen Korrelationen zwischen hormonellen, hämatologischen und metabolischen Variablen und solchen des Säure-Basen-Status, des Mineralstoffwechsels sowie der Sauerstofftransportfunktion des Blutes, die bei den Kälbergruppen eine unterschiedliche Stärke haben. Dies wird hier nicht weiter angeführt.

4 Diskussion

Unterschiede der Entwicklungsqualität sowie des Ausmaßes und Verlaufes von Anpassungsvorgängen bei Kälbern während der frühen Aufzuchtperiode können durch saisonale Periodik bedingt sein, wie an den Verteilungen physiologischer Variablen und deren Änderungen in spezifischen Altersperioden der Kälber aus verschiedenen Abkalbungsperioden während der Winterstallhaltung zu erkennen ist. Dies ist von Bedeutung bei der Auswahl von Kälbern für experimentelle Untersuchungen, bei denen im allgemeinen kleinere Tierzahlen genutzt werden. Größere interindividuelle Variationen können hier nachteilig für die angestrebten Zielstellungen sein. Dies ist weiterhin zu berücksichtigen in Verbindung mit der Einschätzung von Belastungsreaktionen der Tiere bei Ereignissen wie Transport und weiteren Manipulationen, die im Produktionsprozeß auftreten können und auch bei der Einschätzung der Tiergerechtigkeit von Haltungsbedingungen. Die Nutzung eines breiten methodischen Untersuchungsspektrums, die Anwendung von Langzeitmessungen in Kombination mit Punktmessungen und vor allem die Verfügbarkeit einer größeren Tierpopulation, deren Lebensbedingungen zuverlässig eingeschätzt werden können, haben sich bei dieser ersten Annäherung zur Bearbeitung der Fragestellung als vorteilhaft erwiesen.

Validierungskriterien der analytischen Methoden (Intra- und Interassay-Variationskoeffizient, Richtigkeit und Präzision) wiesen während der Untersuchungszeiträume keine größeren Unterschiede auf. Die Aufarbeitung des Probenmaterials erfolgte blockweise mit frisch präparierten Analysenansätzen, wobei regelmäßig Validierungen von Analysenmethoden und Kontrollen der Laborpraxis erfolgt sind. Obwohl wichtige Komponenten der Haltungsbedingungen und der Bewirtschaftung der Aufzuchtanlage sowie der Vorgehensweisen während des gesamten Untersuchungszeitraumes weitgehend einheitlich gehalten worden sind, lassen sich diese Faktoren nicht gänzlich ausschließen.

Hauptunterschiede zwischen den Kälbergruppen A und B, die beständig und sicher waren, betrafen physiologische Variablen, die mit dem Sauerstoffgehalt und -transportvermögen des Blutes in Beziehung stehen, sowie die Ca- und Cortisolkonzentration des Blutplasmas. Für die Einschätzung der Haltungsbedingungen und für Vergleiche der Kälbergruppen nach der Verteilung der Geburten während

der Stallhaltungsperiode ist es wichtig, mit welcher Entwicklungsqualität die Kälber die Aufzuchtperiode am Tränkeautomaten beginnen. Kälber der Gruppe B waren am Beginn der Untersuchung etwa 2 Tage älter als jene der Gruppe A und hatten höhere Werte von Hb, HHb, O₂CAP, Harnstoff und Albumin und kleinere der RT sowie von O₂SAT, COHb, MetHb, P und Fe. Bei dieser Kälbergruppe war die Variation von Cortisol, pH, pCO₂, BE, HCO₃, Albumin, Kreatinin, Harnstoff, Glukose und Mg größer und diejenige von pO₂, O₂CONT, O₂CAP, O₂SAT, HHb, COHb, Gesamtprotein und Fe kleiner als bei der Kälbergruppe A. Kausale Faktoren für die Verteilungsunterschiede dieser Variablen in dieser frühen postpartalen Periode sind in der Entwicklungsqualität, den Geburtsbedingungen und den Wechselbeziehungen zwischen Tier und Umwelt in den ersten Lebenstagen zu suchen.

Das Tiermaterial ist jedoch nicht ausreichend, um derartige Faktoren in angemessener Weise analysieren zu können, so daß dies hier nicht eingehender erläutert wird.

Die Entwicklungsmöglichkeit und Ausprägung individueller funktioneller und struktureller Merkmale der Kälber können bei Gruppenaufzucht am Tränkeautomaten größer als in anderen Aufzuchtformen sein. Die Verfügbarkeit der Flüssignahrung (Milchaustauscher) ist bezüglich Menge und Tageszeit nach einem Tränkeschema vorgegeben, diejenige anderer gebräuchlicher Nährstoffe (Heu, Silage, Mineralstoffe, Wasser) nicht begrenzt. Einzelne Tiere lernen während dieser Aufzuchtperiode, größere Mengen Flüssignahrung und auch Konzentratfutter zu erlangen als durch das Programm vorgegeben ist, wozu mehrere Möglichkeiten genutzt werden, die hier nicht näher beschrieben werden. 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; Thielscher, 1994) zeigen. Das Verhältnis von Tiermasse zur Grundfläche ist entscheidend für soziale Verhaltensweisen und auch für die Qualität des körperlichen Trainings. Hinsichtlich der Tiergerechtigkeit für die Kälber wird die Gruppenhaltung kontrovers gesehen (Veissier et al., 1998). Kälber der Gruppenhaltung waren schwieriger zu handhaben, hatten höhere Cortisolkonzentrationen und zeigten mehr Verhaltensreaktionen beim Wiegen gegenüber aufgestellten Kälbern.

Von Interesse ist es, wie die Entwicklung des Organismus, speziell auch der inneren Organe, unter derartigen Bedingungen vonstatten geht und welche kausalen Zusammenhänge zwischen dieser und der Nahrungszufuhr sowie den Änderungen der Wachstumsgeschwindigkeit bestehen. Die Entwicklung der sekretorischen 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 and Diamond, 1989). Die Verfügbarkeit der Flüssignahrung und

eine frühzeitige Beifutteraufnahme können die Wachstumsgeschwindigkeit und die Entwicklung der Verdauungsorgane in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Stärkere Änderungen der Nahrungsqualität im Verlaufe der Aufzuchtperiode werden wahrscheinlich keine vorrangige Rolle spielen. Bemerkenswert sind jedoch die kleineren Ca-Konzentrationen bei Kälbern der Gruppe B, die neben direkten und indirekten Wirkungen der Nahrungsqualität auch in Verbindung mit Lichteinflüssen gesehen werden müssen.

Größere interindividuelle Variationen vieler Variablen der Kälber bei 15 LT und 30 LT und Änderungen der Mittelwerte sind wiederholt festgestellt worden (Greatest, 1954; Oltner und Berglund, 1982; Reece und Hotchkiss, 1987; Tennant et al., 1974). Anpassungsvorgänge der ersten Lebensstage und -wochen (Allen et al., 1997; Grünberg, 1996; Grünberg et al., 1998; Kurz und Willet, 1991; Tyler und Ramsey, 1991; Vermorel et al., 1989), die durch die Reife der Tiere bei der Geburt und den Geburtsverlauf beeinflusst werden, setzen sich in dieser Altersperiode verstärkt fort und zeigen bei den Kälbergruppen A und B einen unterschiedlichen Verlauf.

In der folgenden Zeit bleiben diese Mittelwertunterschiede bestehen und verschärfen sich etwas (Cortisol, Laktat, P), verschwinden (Hb, Albumin, Kreatinin, Glukose) oder kehren sich um (MetHb, P, Fe). Die mittleren Änderungen der Variablen erreichten bei 15 LT, meistens jedoch bei 40 LT das größte Ausmaß und unterschieden sich in Zeitpunkt, Richtung und Grad bei den Kälbergruppen A und B (**Tabelle 5, Anhang**).

Für Einschätzungen der Entwicklungsqualität und der Reaktionen der Kälber sind in dieser Untersuchung Konzentrationen von Stoffen genutzt worden, die Turnoverzeiten von einigen Minuten bis zu mehreren Tagen und Wochen haben. Von besonderem Interesse sind die höheren Cortisolwerte bei Kälbern der Gruppe B gegenüber jenen der Gruppe A (**Tabelle 1, Anhang**). Die Plasmaspiegel adrenaler Steroide und Progestine verringern sich in verschiedenem Ausmaße während der ersten Lebenswochen bei Kälbern. Individuelle Variationen derselben, die in den Kälbergruppen unterschiedliche Ausmaße haben, 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 der Untersuchung, insbesondere hinsichtlich der Cortisoldisposition. Die mit Anpassungsvorgängen verbundene Reaktivität des Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems, die Qualität der Cortisoldisposition und die Dynamik der Konzentrationsänderung im Blutplasma sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Das Verhältnis von Gesamtcortisol zu freiem Cortisol ändert sich im Blut 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

der 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 durch viele Faktoren (Alter, Ernährung, Funktionszustand, Belastungsgrad und -dauer) beeinflusst und bei akuter Belastung ausreichender Intensität verringert (Marti et al., 1997). Angaben zum CBG und zur Cortisoldisposition bei Rindern sind kaum vorhanden (Gayraud et al., 1996). Poolgröße, Verteilungsvolumen und Halbwertszeit des Cortisols sind von Konzentration, Menge und Verteilung der Proteine und speziell des CBG abhängig, und es kann die Gesamtcortisolkonzentration im Blutplasma nicht in Beziehung zur Cortisolbildungsrate stehen, wenn CBG-Konzentration und -Menge sich ändern. Es ist vielmehr 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; 1998; Rashid et al., 1998). Einen 10- bis 20fach größeren transendothelialen Albuminreflux, als er bei Einschätzungen aus dem Lymphrückstrom errechnet wurde, fand Bent-Hansen (1997). Der Anteil des freien Cortisols ändert sich bei verschiedenen Produktionsraten und Konzentrationen des Cortisols im Blut (Ardal und Holm, 1995) und auch in Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bedingungen (Haourigui et al., 1993; Obminski und Stupnicki, 1996). Bei Ratten führte durch Heparin induzierte Lipolyse zu einem Anstieg der Freien Fettsäuren (FFS) und zu einer 2- bis 3fachen Steigerung der Corticosteronbindung an CBG. Die Corticosteronbindung des Albumins von Kaninchen vergrößerte sich dosisabhängig bei ansteigenden FFS-Konzentrationen, und bei Lagomorphen verursachte FFS-Freisetzung kurzzeitige Steigerungen der Steroidbindung (Boonstra und Tinnikov, 1998).

Geht man von den Korrelationen der Variablen und von den Änderungen der Variablen zwischen den Untersuchungspunkten aus (**Tabellen 5 und 6, Abbildungen 1 bis 3; Anhang**), so wird erkennbar, daß für viele physiologische Variablen der Kälber eine hohe Individualspezifität nachweisbar ist und bei welchen Tieren mit welchen Meßwerten Änderungen welcher Richtung und welchen Grades eintreten. Dies ist in früheren Untersuchungen für den Altersbereich zwischen 15 und 90 LT bei Tränkkälbern und Saugkälbern der Mutterkuhhaltung aufgezeigt worden (Steinhardt et al. 1995; 1997a; Steinhardt und Thielscher, 1998a) und wird hier für spezifische Altersperioden zwischen 5 LT und 60 LT ausführlicher dargestellt. Hervorzuheben ist hier, daß für die Plasmacortisolkonzentration eine Individualspezifität nicht mit ausrei-

chender Sicherheit gefunden werden konnte. Allgemein sind stärkere Änderungen der Variablen in den ersten 15 LT und dann zwischen 40 LT und 60 LT festzustellen. Die Verkleinerung der HF bis zu 15 LT bestätigt frühere Arbeiten (Ermgassen, 1996, Steinhardt et al. 1997b) und steht mit der Herausbildung der Periodik der Nahrungsaufnahme und der Ruheperioden in Verbindung. Langfristige Änderungen dieser Variablen stehen in Verbindung mit der Entwicklung und der funktionellen Kapazität der Organe wie z. B. Magen-Darm-System, Leber, Lunge, Niere und mit der Kapazität und Stimulationsintensität des erythropoetischen Gewebes. Die Reifung der Niere nach der Geburt erstreckt sich über einen Zeitraum von einigen Wochen, und der Konzentrierungsmechanismus der Nieren wird z. B. erst zwischen 30 und 60 LT verstärkt wirksam (Abouzite et al., 1997).

Bei einem Teil der Tiere sind im Alter von 5 LT offensichtlich solche Meßwerte physiologischer Variablen vorhanden, wie sie für dieses Entwicklungsstadium charakteristisch sind und auch als Referenzwerte bezeichnet werden können. Dem Mittelwert dieser Referenzwerte kommt der mit Hilfe der Regression errechnete Wert im Falle $Y = 0$ offensichtlich sehr nahe (Tabelle 6, Anhang). Proportionales Körperwachstum und effektive Anpassungsvorgänge führen dazu, daß bei einem Teil der Kälber die Meßwerte während der Aufzucht innerhalb des Referenzbereiches bleiben. Bei einem weiteren Anteil der Kälber sind zwischen 5 LT und 15 LT Anpassungsvorgänge nachweisbar, die sich zwischen 15 LT und 40 LT verstärken und auch zwischen 40 LT und 60 LT noch bemerkbar sind. 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 und kritisches Vorgehen, was sich vor allem auf die Zielstellungen, Definitionen und auf die methodischen Gesichtspunkte der Verwendung physiologischer Variablen für diese Zwecke bezieht.

Durchblutung und Sauerstoffversorgung der Körperbereiche sind vom Sauerstofftransportvermögen des Blutes und der Förderleistung des Herzens abhängig. Die Anpassung der O_2 -Transportkapazität des Blutes in den ersten Lebenswochen stellt in Abhängigkeit von der Wachstumsintensität und der körperlichen Aktivität hohe Anforderungen an die Erythropoese und Hämoglobinbildung, die häufig durch Mangel an essentiellen Stoffen und Dyserythropoese nur unvollständig möglich sind. In dieser Hinsicht treten Auswirkungen bei Milchrindkälbern der Gruppen A und B deutlicher hervor (Tabelle 3, Anhang). 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. 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 O_2 -Transportkapazität des Blutes der Kälber entsprechende Blutkreislaufregulationen betreffen die Umverteilung des Blutes, was durch lokale und zentrale rezeptorbedingte Regulation gesichert werden kann und Steigerungen des Herzminutenvolumens vorwiegend durch erhöhte Herzschlagfrequenz. Korrelationen zwischen HF und Hb sind bei den Kälbern während dieser Entwicklungsperioden unter gewohnten Haltungsbedingungen bisher nicht nachweisbar gewesen, so daß weitere Variationsursachen in Erwägung gezogen werden müssen.

Für die Anpassung der Kreislauf- und Sauerstoffversorgungsfunktion bei inadäquater Erythrozytenbildung können mehrere Mechanismen genutzt werden (Dallman, 1981; Hebert et al., 1997). Die Nutzung der O_2 -Reserve in Abhängigkeit von der Blutflußgeschwindigkeit und die O_2 -Abgabe an die Körpergewebe scheinen bei Kälbern 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. 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. Erhöhte Lakatgehalte deuten auf eine ungenügend nutzbare O_2 -Reserve und auf hypoxische Zustände unterschiedlichen Grades bei einem Anteil der Kälber hin. Kritische Grade des venösen O_2 -Gehaltes von etwa 2 bis 3 mmol/l sind bei einzelnen Tieren der Gruppe B bei 40 LT zu beobachten. Über die Blutglukoseregulation bei hypoxischen Kälbern in den ersten Lebenswochen ist wenig bekannt. Die größeren Glukosekonzentrationen und die stärkeren interindividuellen Variationen derselben bei Kälbern der Gruppe B können mit dem vorher dargelegten Sachverhalt in Verbindung stehen.

Erkrankungen beeinflussen den Schwund des HbF (Mensch: Anstey et al., 1996; Yano et al., 1982). Eine erhöhte Frequenz von HbF bei Kindern mit „Sudden infant death syndrom“ ist nachgewiesen worden (Perry et al., 1997). Geht man davon aus, daß die Hämoglobinderivate HHb, O_2 Hb und COHb adulter Rinder nur minimale spektralanalytische Differenzen zu humanen Hämoglobinderivaten haben (Zijlstra und Buurisma, 1997), was bei Multispektralanalyse zu berücksichtigen ist, und daß im Falle von MetHb die Spektralanalyse vom pH-Wert abhängig ist, so können bei den gleichen Tieren zwischen den Untersuchungspunkten zuverlässige Ergebnisse erreicht werden. Erhöhte COHb-Anteile sind wahrscheinlich nicht vorrangig auf den CO-Gehalt der Luft zurückzuführen, sondern ergeben sich aus Interferenzen mit HbF. Anteile von MetHb, der oxidierten Form des Hämoglobinmoleküls (Ferrihämoglobin oder Methämoglobin) sind von der Aktivität des membrangebundenen Enzyms NADH-MetHb-Reduktase abhängig, welches Fe^{3+} in Fe^{2+} umwan-

delt. Die Kapazität der Erythrozyten, oxidiertes Häm zu reduzieren, ist vielfach größer als die Rate der physiologischen Hb-Oxidation, so daß im allgemeinen 1 bis 2 % MetHb nachgewiesen werden können. Zunahmen der MetHb-Fraktion können durch Förderung der MetHb-Bildung oder durch Einschränkung der MetHb-Reduktion bedingt sein. Die Hb-Oxidationsrate kann bei Einwirkung von Medikamenten (Anstey et al., 1996; Fasannade und Jusko, 1995) und anderen Stoffen (French et al., 1995) erhöht sein. Unterschiedliche MetHb-Anteile bei den Kälbergruppen A und B zeigen, daß diese Vorgänge durch die Haltungsbedingungen zwar beeinflusst, klinisch relevante Anteile jedoch nicht erreicht werden.

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. Aktivitätsperioden werden einerseits durch die mit dem Tränkeregime festgelegten Tränkezeiten im Verlaufe des Tages sowie durch Serviceperioden bestimmt, andererseits sind sie von individuellen periodischen Erregungssteigerungen abhängig. Der Einfluß des Betreuungspersonals auf die Entwicklungsqualität der Kälber und deren Reaktionsfähigkeit im Falle von Belastungen ist aufgezeigt worden (Steinhardt und Thielscher, 1998b,c, 1999). Die von der Ernährungsqualität und dem Nahrungsaufnahmevermögen abhängige Wachstumsgeschwindigkeit beeinflusst offensichtlich das proportionale Körperwachstum der Kälber, wobei Blutmenge, speziell die Erythrozytenmenge oder auch das extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen in Verbindung mit der Kreislauffunktion, sich vorübergehend bereits bei geringgradigen körperlichen Belastungen unter den gebräuchlichen Haltungsbedingungen als begrenzende Faktoren erweisen können.

Zusammenfassung

An Milchrindkälbern (insgesamt 83 Tieren) einer Kalbeperiode von Oktober bis April wurden bei 5, 15, 40 und 60 Lebenstagen (LT) Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz und Blutuntersuchungen vorgenommen. Die Untersuchungsbefunde an Kälbern des Geburtszeitraumes Oktober und November und des Geburtszeitraumes Dezember bis April sind geprüft worden, und es konnten an den Mittelwerten saisonale Effekte bei Hämoglobinderivaten und Sauerstoffbindung des Hämoglobin sowie bei der Plasmakonzentration des Ca und Cortisol an allen Untersuchungspunkten aufgezeigt werden. An einigen Alterspunkten ließen sich auch bei anderen Variablen Mittelwertunterschiede sicher nachweisen. Korrelationen der Variablen zwischen den Untersuchungspunkten wurden zur Prüfung der Individualspezifität und diejenigen der Änderungen der Variablen im Verlaufe der Aufzucht zum Ausgangswert bei 5 LT zur Charakterisierung der individuellen Anpassungsvorgänge und deren Altersabhängigkeit und der Variation dieser Variablen genutzt. Die mittleren Änderungen vieler physiologischer Variablen zwischen den

Untersuchungspunkten unterschieden sich bei den Tiergruppen sicher. Die Verwendung von Grenzwerten physiologischer Meßgrößen für die Einschätzung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen für Kälber während der Aufzucht erfordert ein sorgfältiges und kritisches Vorgehen, was sich vor allem auf die Zielstellungen, Definitionen und auf methodische Gesichtspunkte der Verwendung physiologischer Variablen für diese Zwecke bezieht, und schließt Verallgemeinerungen und die Vernachlässigung insbesondere von Alter, Funktionszustand und Bio-rhythmizität aus.

Species specific husbandry and physiological functions of animals.

Development quality and adaptation of group reared dairy calves at specific age periods and seasonal effects by birth periods and rearing conditions

Dairy calves (totally 83 animals) of a calving period from October till April were used for long term measurements of heart rate and blood investigations at 5, 15, 40 and 60 days of age. Results from calves born within the two months October and November and those results from calves born during the period from December till April were tested for seasonal effects. Significant differences of mean values could be found for hemoglobin derivatives and oxygen binding capacity of hemoglobin and for the plasma Ca and cortisol concentration at all age points. For some other variables significant differences of mean values were observed at different age points. Correlations of the variables between the sampling points were used assessing individual specificity and those of the changes of the variables during the course of the early rearing period to the starting values at 5 days of age were used characterizing individual adaptation processes at specific life ages. Mean changes of the physiological variables between the four investigation points were different in the two groups. Establishing reference data and 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 and most critical especially concerning the targets definitions and procedural aspects taking into consideration age of calves, development quality and functional state of adaptation.

Literatur

- Aardal, E. and A.-C. Holm (1995): Cortisol in saliva - reference ranges and relation to cortisol in serum. - Eur. J. Chem. Biochem. 33, S. 927-932.
- Abouzite, M., M. B. Aldaker, S. Fellat, H. Sahibi and Kh. Baddouri (1997): Développement post-natal du pouvoir de concentration rénal, du système rénine-angiotensine et des hormones cortico-surréaliennes chez de veau. - Reprod. Nutr. Dev. 37, S. 285-292.
- Allen, L. J., M. B. Kabbur, J. S. Cullor, I. A. Gardner and L. W. George (1997): Flow cytometric

- determination of peripheral blood lymphocyte subpopulations and haematological values in the neonatal calf. - *Comp. Haematol. Int.* 7, S. 7-13.
- Anstey, N. M., M. Y. Hassanali, J. Mlalasi, D. Manyenga and E. D. Mwaikambo (1996): Elevated levels of methaemoglobin in Tanzanian children with severe and uncomplicated malaria. - *Transact. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 90, S. 147-151.
- Bent-Hansen, L. (1997): Whole body capillary exchange of albumin. - *Danish Med. Bull.* 44, S. 40-53.
- Boonstra, R. and A. Tinnikov (1998): Increased corticosteroid binding capacity of plasma albumin but not to corticosteroid-binding globulin caused by ACTH-induced changes in free fatty acid concentrations in snowshoe hares and rabbits. - *J. Endocrinol.* 156, S. 205-212.
- Buddington, R. K. and J. M. Diamond (1989): Ontogenetic development of intestinal nutrient transporters. - *Ann. Rev. Physiol.* 51, S. 601-619.
- Dallman, P. R. (1981): Anemia of prematurity. - *Ann. Rev. Med.* 32, S. 143-160.
- Ermgassen, K. (1996): Untersuchungen zu Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. - *Vet. med. Diss., Leipzig.*
- Fasanmade, A. A. and W. J. Jusko (1995): An improved pharmacodynamic model for formation of methemoglobin by antimalarial drugs. - *Drug Metab. Disposition* 23, S. 573-576.
- French, C. L., S.-S. Yaun, L. A. Baldwin, D. A. Leonard, X. Q. Zhao and E. J. Calabrese (1995): Potency ranking of methemoglobin-forming agents. - *J. Appl. Toxicol.* 15, S. 167-174.
- Gayard, V., M. Alvinerie and P. L. Toutain (1996): Interspecies variation of corticosteroid-binding globulin parameters. - *Dom. Anim. Endocrinol.* 13, S. 35-45.
- Greatorex, J. C. (1954): Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. - *Brit. Vet. J.* 110, S. 120-133.
- Grünberg, W. (1996): Untersuchung zur Eignung der Rinderrasse Deutsch Schwarzbunt (DSB) für eine ganzjährige Außenhaltung in besonderer Berücksichtigung der Abkalbung. - *Vet. med. Diss. Hannover.*
- Grünberg, W., M. Steinhardt, D. Rath und H. Niemann (1998): Schilddrüsenhormone bei Saugkälbern der Rassen Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian. Einflüsse des Geburtsverlaufes und postpartale Anpassungsvorgänge. - *Tierärztl. Prax. (im Druck).*
- Gustin, P., B. Detry, A. Robert, M. L. Cao, F. Lessire, C. Cambier, V. Katz, M. Ansay, A. Frans and T. Clerbaux (1997): Influence of age and breed on the binding of oxygen to red blood cells of bovine calves. - *J. Appl. Physiol.* 82, S. 784-790.
- Haourigui, M., M. E. Martin, N. Thobie, C. Benassayag and E. A. Nunez (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.
- Hebert, P. C., L. QunHu and G. P. Biro (1997): Review of physiologic mechanisms in response to anemia. - *Can. Med. Assoc. J.* 156, 11 Suppl., S. 527-540.
- Kosa, T., T. Maruyama and M. Otagiri (1997): Species differences of serum albumins: I. Drug binding sites. - *Pharmaceut. Res.* 14, S. 1607-1612.
- Kosa, T., T. Maruyama, N. Sakai, N. Yonemura, S. Yahara and M. Otagiri (1998): Species differences of serum albumins. III. Analysis of structural characteristics and ligand binding properties during N-B transitions. - *Pharmaceut. Res.* 15, S. 592-598.
- Kurz, M. M. and L. B. Willet (1991): Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 2109-2118.
- Marti, O., M. Martin, A. Gavaldà, M. Giral, J. Hidalgo, B. R.-S. Hsu, R. W. Kuhn and A. Armario (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.
- Obminski, Z. and R. Stupnicki (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.
- Oltner, R. and B. Berglund (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.
- Perry, G. W., R. Vargas-Cuba and R. P. Vertes (1997): Fetal hemoglobin levels in sudden infant death syndrome. - *Arch. Pathol. Lab. Med.* 121, S. 1048-1054.
- Rashid, H., S. Muzammil and S. Tayyab (1998): Comparison of bilirubin binding and other molecular properties of the serum albumin of several mammalian species. - *Biochem. Molec. Biol. Internat.* 44, S. 165-173.
- Reece, W. O. and D. K. Hotchkiss (1987): Blood studies and performance among calves reared by different methods. - *J. Dairy Sci.* 70, S. 1601-1611.
- Rosner, W. (1991): Plasma steroid-binding proteins. - *Endocrinol. Metab. Clin. North Am.* 20, S. 697-720.
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher, A. Lehr, B. Ihnen, S. Szalony, J. Ladewig und D. Smidt (1995): Klinisch-chemische und hämatologische Blutwerte und Anpassungsreaktionen bei Saugkälbern in den ersten Lebenswochen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 102, S. 399-405.
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher, F. Zerbe und D. Smidt (1997a): Entwicklungsqualität, Adaptationsreaktionen und klinisch-chemische Blutwerte von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 104, S. 3-8.
- Steinhardt, M., H.-H. Thielscher, K. Ermgassen und A. Lehr (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.

Steinhardt, M. und H.-H. Thielscher (1998a): 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. - Landbauforschung Völkenrode 48, Heft 3, S. 118-138.

Steinhardt, M. und H.-H. Thielscher (1999): Reaktionen von Milchrindkälbern im Alter von 60 Lebens- tagen auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte durch Haltungsverfahren und Entwicklungsqualität der Kälber. - Dtsch. tierärztl. Wschr. 105 (im Druck).

Steinhardt, M. und H.-H. Thielscher (1998b): Wiederholte Transportbelastung und Reaktionsformen von Tränkkälbern auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte von Haltungsverfahren auf hormonelle, metabolische und hämatologische Variablen und individuelle Reaktionsfor- men. - Landbauforschung Völkenrode 48, Heft 2, S. 65-77.

Steinhardt, M. und H.-H. Thielscher (1998c): Reaktionen von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milch- rindkälbern am Ende der Milchernährungsperiode auf Transport mit Straßenfahrzeugen. Effekte von Alter und Haltungsverfahren auf metabolische, hämatologische und hormonelle Variablen. - Landbauforschung Völkenrode 48, S. 139-158.

Tennant, B., D. Harrold, M. Reina-Guerra 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 Haltungsverfahren. - Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 107, S. 20-22.

Tyler, H. and H. Ramsey (1991): Hypoxia in neonatal calves: effect on selected metabolic parameters. - J. Dairy Sci. 74, S. 1957-1962.

Veissier, I., A. R. Ramirez de la Fe and P. Pradel (1998): Nonnutritive oral activities and stress responses of veal calves in relation to feeding and housing conditions. - Appl. Anim. Behav. Sci. 57, S. 35-49.

Vermorel, M., J. Vernet, C. Dardillat, Sai- do, C. Demigne and M.-J. Davicco (1989): Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; effect of calving conditions. - Can. J. Anim. Sci. 69, S. 113-122.

Yano, S. S., E. H. Danish and Y. E. Hsia (1982): Transient methemoglobinemia with acidosis in infants. - J. Pediatr. 100, S. 415-418.

Zijlstra, W. G. and Buursma, A. (1997): Spectro- photometry of hemoglobin: absorption spectra of bovine oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and hethemoglobin. - Comp. Biochem. Physiol. 118B, S. 743-749.

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

Anhang: Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1: Alter, Herzschlagfrequenz (Herzschläge/min) und Plasmacortisolkonzentration bei Milchrindkälbern während der Aufzucht am Tränkeautomaten, A: Geburten Oktober bis November; B: Geburten Dezember bis April, Statistiken

		Lebenstag							
		5		15		40		60	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Alter (d)	n	44	24	43	35	37	35	32	35
	x	3,98	5,67*	16,51	16,29	41,19	41,00	63,47	60,60*
	s	1,64	2,14	1,90	2,64	2,56	2,21	3,29	2,08
	min	2	3	13	13	32	38	58	55
	max	10	10	21	24	48	49	70	86
HF (HS/min)	n	43	22	42	34	36	32	31	30
	x	110,06	104,13	78,74	79,51	83,48	81,31	87,65	86,20
	s	15,98	15,83	13,27	13,91	14,04	12,37	12,56	12,19
	min	79,92	79,64	60,22	59,42	59,22	59,52	63,79	69,07
	max	149,74	146,52	112,65	117,35	112,12	108,20	113,00	112,41
Plasma- cortisol (µg/dl)	n	44	22	43	35	36	35	31	35
	x	34,00	34,23	6,42	7,63	3,60	5,26*	4,12	5,11
	s	21,38	27,56	4,27	5,43	2,80	3,93	2,86	3,78
	min	2,75	2,73	0,54	1,33	0,17	0,81	0,08	0,46
	max	83,76	114,63	19,32	20,31	10,79	15,54	10,17	16,81

* p < 0,05 * p < 0,01

Tabelle 2: Körpertemperatur (RT), Säure-Basen-Status, Blutgasdrucke und hämatologische Werte bei Milchrindkälbern während der Aufzucht am Tränkeautomaten, A: Geburten Oktober bis November; B: Geburten Dezember bis April, Statistiken

		Lebenstag							
		5		15		40		60	
		A	B	A	B	A	B	A	B
RT (°C)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	39,36	39,23*	39,47	39,39	39,47	39,40	39,40	39,25*
	s	0,28	0,23	0,24	0,34	0,23	0,39	0,23	0,27
	min	39,0	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9
	max	40,4	39,6	40,1	40,2	40,1	40,5	39,8	40,1
pH	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	7,345	7,335	7,351	7,356	7,334	7,351*	7,345	7,355
	s	0,028	0,040	0,028	0,020	0,053	0,028	0,037	0,019
	min	7,278	7,246	7,286	7,301	7,089	7,225	7,210	7,309
	max	7,400	7,410	7,417	7,385	7,386	7,393	7,393	7,394
pCO ₂ (mmHg)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	56,84	55,50	55,42	55,97	55,67	53,41*	52,12	52,60
	s	3,05	4,23	3,16	2,72	3,78	3,29	5,26	2,58
	min	49,6	47,4	50,6	51,8	49,1	46,5	29,4	46,5
	max	62,0	65,1	61,2	63,0	70,3	62,2	60,1	57,1
pO ₂ (mmHg)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	51,49	48,23	53,53	52,71	56,10	57,96	57,11	59,25
	s	25,67	7,66	9,62	7,78	16,24	7,14	28,03	4,50
	min	28,8	36,7	40,7	40,2	36,2	42,9	43,0	45,6
	max	160,7	63,1	73,9	69,8	107,6	70,0	167,4	67,4
BE (mmol/l)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	4,74	3,95	4,47	5,48*	3,44	3,92	2,90	3,82
	s	1,76	3,02	2,18	1,50	3,66	2,27	3,72	1,55
	min	-0,3	-4,1	-1,7	0,9	-12,0	-4,1	-13,9	-0,1
	max	7,3	10,9	8,4	7,8	7,4	7,4	6,4	6,4
HCO ₃ (mmol/l)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	29,44	28,47	29,10	29,78*	28,19	28,10	27,17	27,92
	s	1,53	2,84	2,08	1,38	3,09	2,20	3,56	1,50
	min	25,0	20,9	23,5	25,5	16,2	21,5	11,1	23,8
	max	31,6	34,5	33,4	31,7	31,7	31,4	30,3	30,1
Hb (g/dl)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	10,10	11,27*	10,80	11,39	10,29	10,77*	11,02	11,22
	s	1,92	1,74	1,76	1,73	1,17	1,23	0,88	0,98
	min	6,3	8,5	7,3	8,3	7,5	8,5	8,8	9,1
	max	15,1	14,2	15,7	14,9	12,9	13,5	12,8	13,5
Hk (%)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	34,26	35,63	36,19	35,37	32,81	33,40	33,6	34,43
	s	6,26	5,45	5,58	5,39	3,75	3,78	2,24	3,13
	min	24,0	27,0	25,0	25,0	25,0	27,0	30,0	27,0
	max	51,0	46,0	51,0	46,0	40,0	41,0	39,0	40,0

* p < 0,05 * p < 0,01

Tabelle 3: Sauerstoffgehalt und -transportvermögen und Hämoglobinderivate bei Milchrindkälbern während der Aufzucht am Tränkeautomaten, A: Geburten Oktober bis November; B: Geburten Dezember bis April, Statistiken

		Lebenstag							
		5		15		40		60	
		A	B	A	B	A	B	A	B
O ₂ CONT (mmol/l)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	8,45	7,71	9,93	7,84*	8,62	7,62*	8,53	7,78*
	s	3,13	2,57	2,90	2,74	2,61	1,93	1,45	1,38
	min	3,2	3,3	3,8	2,3	4,4	4,3	5,7	5,0
	max	17,2	14,9	15,7	13,4	17,4	12,1	11,6	10,6
O ₂ CAP (mmol/l)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	13,71	15,35*	14,57	15,49*	13,92	14,58*	14,93	15,23
	s	2,66	2,42	2,38	2,38	1,60	1,69	1,22	1,35
	min	8,4	11,6	9,8	11,4	10,2	11,5	11,9	12,3
	max	20,9	19,7	21,3	20,4	17,4	18,3	17,2	18,5
O ₂ SAT (%)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	61,07	49,10*	65,54	49,30*	60,03	51,00*	55,72	49,89*
	s	19,90	13,52	14,02	15,26	15,44	10,91	8,36	7,23
	min	20,6	27,7	32,4	20,4	26,7	32,4	37,9	34,5
	max	97,0	85,8	88,6	78,0	96,8	71,9	77,5	61,4
HHb (%)	n	41	24	43	35	35	35	33	35
	x	37,05	48,60*	31,23	48,32*	38,02	46,35*	41,51	47,57*
	s	19,89	13,97	14,25	15,74	14,62	11,15	8,59	7,45
	min	0,8	11,2	7,8	19,2	6,7	25,3	19,4	35,6
	max	78,5	70,1	66,1	77,9	71,8	65,3	60,0	63,9
COHb (%)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	2,19	1,86*	2,57	1,81*	2,31	1,90*	2,10	1,77*
	s	0,64	0,51	0,84	0,46	0,36	0,26	0,23	0,25
	min	0,4	0,6	1,1	0,9	1,1	1,3	1,6	1,10
	max	3,3	2,8	7,2	2,8	2,9	2,3	2,5	2,20
Methb (%)	n	42	24	43	35	36	35	33	35
	x	0,39	0,25*	0,46	0,36*	0,49	0,55	0,49	0,57*
	s	0,18	0,14	0,15	0,16	0,15	0,19	0,12	0,15
	min	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2
	max	0,9	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,7	0,9

* p < 0,05 * p < 0,01

Tabelle 4: Biochemische Blutwerte und Mineralstoffe des Blutes bei Milchrindkälbern während der Aufzucht am Tränkeautomaten, A: Geburten Oktober bis November; B: Geburten Dezember bis April, Statistiken

		Lebenstag							
		5		15		40		60	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Gesamtprotein (g/l)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	55,37	57,01	54,25	52,40	53,44	53,50	57,75	55,94
	s	7,99	6,79	6,68	5,05	4,50	4,28	4,65	4,86
	min	40,41	45,71	42,13	44,46	46,98	41,25	46,75	45,18
	max	73,58	70,11	71,18	69,70	68,26	63,26	67,82	64,90
Albumin (g/l)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	32,85	34,79*	34,91	34,71	34,69	34,72	36,04	36,05
	s	1,85	2,72	2,80	1,62	2,15	1,77	1,85	1,56
	min	28,86	30,02	28,53	31,85	28,80	31,06	32,01	33,37
	max	36,24	41,47	43,97	39,98	39,21	37,84	39,28	39,53
Kreatinin (mg/dl)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	1,29	1,25	1,37	1,29*	1,12	1,08	0,99	1,00
	s	0,20	0,54	0,22	0,20	0,13	0,14	0,12	0,11
	min	0,98	0,91	0,83	1,02	0,91	0,68	0,78	0,79
	max	2,21	3,67	1,81	2,01	1,47	1,36	1,26	1,35
Harnstoff (mg/dl)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	19,16	25,04*	14,24	13,43	13,69	13,18	16,23	15,84
	s	8,47	14,66	4,28	4,70	4,35	3,02	4,87	4,20
	min	5,6	8,0	3,4	6,0	6,1	6,7	99,9	7,0
	max	45,5	59,6	23,1	29,4	23,8	19,8	34,1	25,8
Laktat (mg/dl)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	11,57	10,87	6,57	9,01*	6,59	7,57	6,24	7,56*
	s	4,69	4,78	1,87	3,49	2,66	3,94	1,31	2,48
	min	4,56	4,17	4,26	4,05	3,83	4,22	4,23	4,88
	max	27,62	23,3	14,49	19,35	17,49	27,01	8,88	18,11
Glukose (mg/dl)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	86,65	94,63	63,75	82,21*	58,74	68,54*	67,72	67,97
	s	11,16	22,63	10,02	15,30	15,29	12,18	9,86	11,49
	min	54,6	58,0	33,9	57,4	25,6	44,6	48,3	45,3
	max	106,9	155,1	83,7	116,4	92,1	95,1	91,4	90,2
Ca (mmol/l)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	3,02	2,98	2,75	2,68*	2,76	2,59*	2,81	2,68*
	s	0,19	0,18	0,13	0,15	0,15	0,16	0,18	0,12
	min	2,49	2,73	2,38	2,32	2,51	2,14	2,24	2,35
	max	3,32	3,34	2,95	2,93	3,06	2,80	3,11	2,85
Mg (mmol/l)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	0,81	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80	0,81	0,84*
	s	0,07	0,11	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07
	min	0,67	0,70	0,69	0,65	0,70	0,64	0,60	0,67
	max	0,96	1,14	0,95	0,98	0,96	0,94	0,95	0,99
P (mg/dl)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	7,32	6,93*	8,00	7,90	7,27	7,67*	8,19	8,32
	s	0,91	0,95	0,71	0,78	0,67	0,96	0,65	0,70
	min	5,27	5,49	6,05	5,96	5,76	5,26	5,76	6,21
	max	9,04	8,95	9,73	9,52	8,60	9,25	9,14	9,43
Fe (µmol/l)	n	43	24	43	35	36	35	33	35
	x	28,51	19,22*	26,83	23,56	25,68	25,17	32,50	33,69
	s	22,09	15,11	13,46	13,82	9,03	11,23	10,75	12,43
	min	4,3	6,1	9,4	5,8	6,7	7,4	5,4	13,8
	max	94,0	81,4	68,0	57,5	48,6	47,8	59,2	60,0

* p < 0,05 * p < 0,01

Tabelle 5: Änderungen von Hb, Gesamtprotein und Albumin von Milchrindkälbern bei 5 LT (U2-1), 40 LT (U3-1) und bei 60 LT (U4-1) gegenüber dem Ausgangswert bei 5 LT (U1), Statistiken

			U2-1:U1	U3-1:U1	U4-1:U1
Hb (g/l)	A	n	41	34	31
		x	0,64	0,16	0,77
		s	0,92	1,48	1,72
		min	-1,2	-2,9	-1,7
		max	3,1	3,4	4,4
	B	n	24	24	24
		x	-0,20*	-0,62*	0,05
		s	1,10	1,35	1,70
		min	-2,9	-4,0	-4,0
		max	2,4	1,4	3,0
Gesamt- protein (g/l)	A	n	42	35	32
		x	-1,14	-2,86	1,38
		s	3,02	5,64	7,64
		min	-5,9	-13,7	-16,9
		max	4,9	4,9	16,8
	B	n	24	24	24
		x	-5,05*	-3,70	-1,12
		s	4,42	5,80	7,57
		min	-12,4	-14,3	-14,5
		max	2,7	7,6	17,4
Albumin (g/l)	A	n	42	35	32
		x	2,03	2,03	2,88
		s	1,85	2,06	2,12
		min	-1,5	-1,7	-0,6
		max	8,6	6,8	8,0
	B	n	24	24	24
		x	-0,27*	-0,48*	1,02*
		s	2,32	3,44	3,47
		min	-4,8	-7,0	-8,1
		max	3,3	5,0	7,8

* p < 0,05; * p < 0,01

Tabelle 6: Korrelationen und Regressionen der Änderungen der Variablen Hb, Gesamtprotein und Albumin bei den Untersuchungspunkten 2, 3 und 4 mit dem Ausgangswert und errechneter X-Wert im Falle $Y = 0$

		U2-1:U1	U3-1:U1	U4-1:U1
Hb	A	N = 41, r -0,411 p = 0,0038 y = -0,2x+2,64 y = 0, x = 13,2	N = 34, r -0,766 p < 0,0001 y = -0,63x+6,52 y = 0, x = 10,35	N = 31, r -0,863 p < 0,0001 y = -0,85x+9,49 y = 0, x = 11,16
	B	N = 24, r -0,485 p = 0,0083 y = -0,31x+3,27 y = 0, x = 10,55	N = 24, r -0,722 p < 0,0001 y = -0,56x+5,72 y = 0, x = 10,21	N = 24, r -0,825 p < 0,0001 y = -0,81x+9,15 y = 0, x = 11,3
Gesamtprotein	A	N = 42, r -0,592 p < 0,0001 y = -0,22x+11,09 y = 0, x = 50,41	N = 35, r -0,852 p < 0,0001 y = -0,58x+29,75 y = 0, x = 51,29	N = 32, r -0,811 p < 0,0001 y = -0,81x+46,93 y = 0, x = 57,94
	B	N = 24, r -0,745 p < 0,0001 y = -0,48x+22,56 y = 0, x = 47,0	N = 24, r -0,736 p < 0,0001 y = -0,63x+32,12 y = 0, x = 50,98	N = 24, r -0,741 p < 0,0001 y = -0,83x+45,99 y = 0, x = 55,41
Albumin	A	N = 42	N = 35, r -0,445 p = 0,0038 y = -0,5x+18,4 y = 0, x = 36,8	N = 32, r -0,545 p = 0,0007 y = -0,66x+24,79 y = 0, x = 37,56
	B	N = 24, r -0,806 p < 0,0001 y = -0,69x+23,63 y = 0, x = 34,25	N = 24, r -0,872 p < 0,0001 y = -1,1x+37,9 y = 0, x = 34,45	N = 24, r -0,896 p < 0,0001 y = -1,15x+40,84 y = 0, x = 35,51

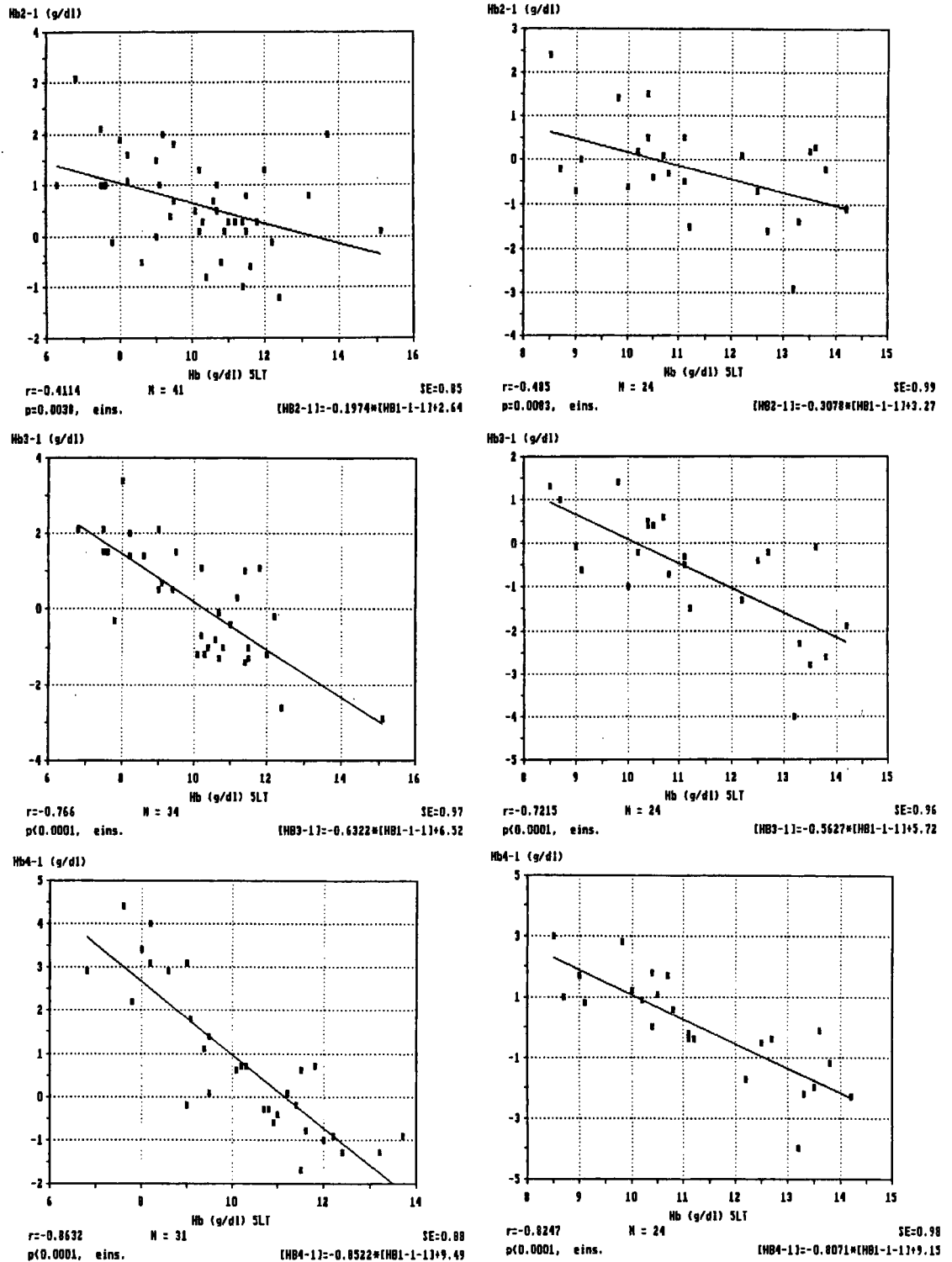


Abbildung 1: Beziehung zwischen der Änderung der Hämoglobinkonzentration des Blutes bei 15 LT, 40 LT und 60 LT (von oben nach unten) und dem Ausgangswert bei 5 LT bei Milchrindkälbern der Gruppe A (linker Teil) und der Gruppe B (rechter Teil), Einzelwerte und Regressionsgrade

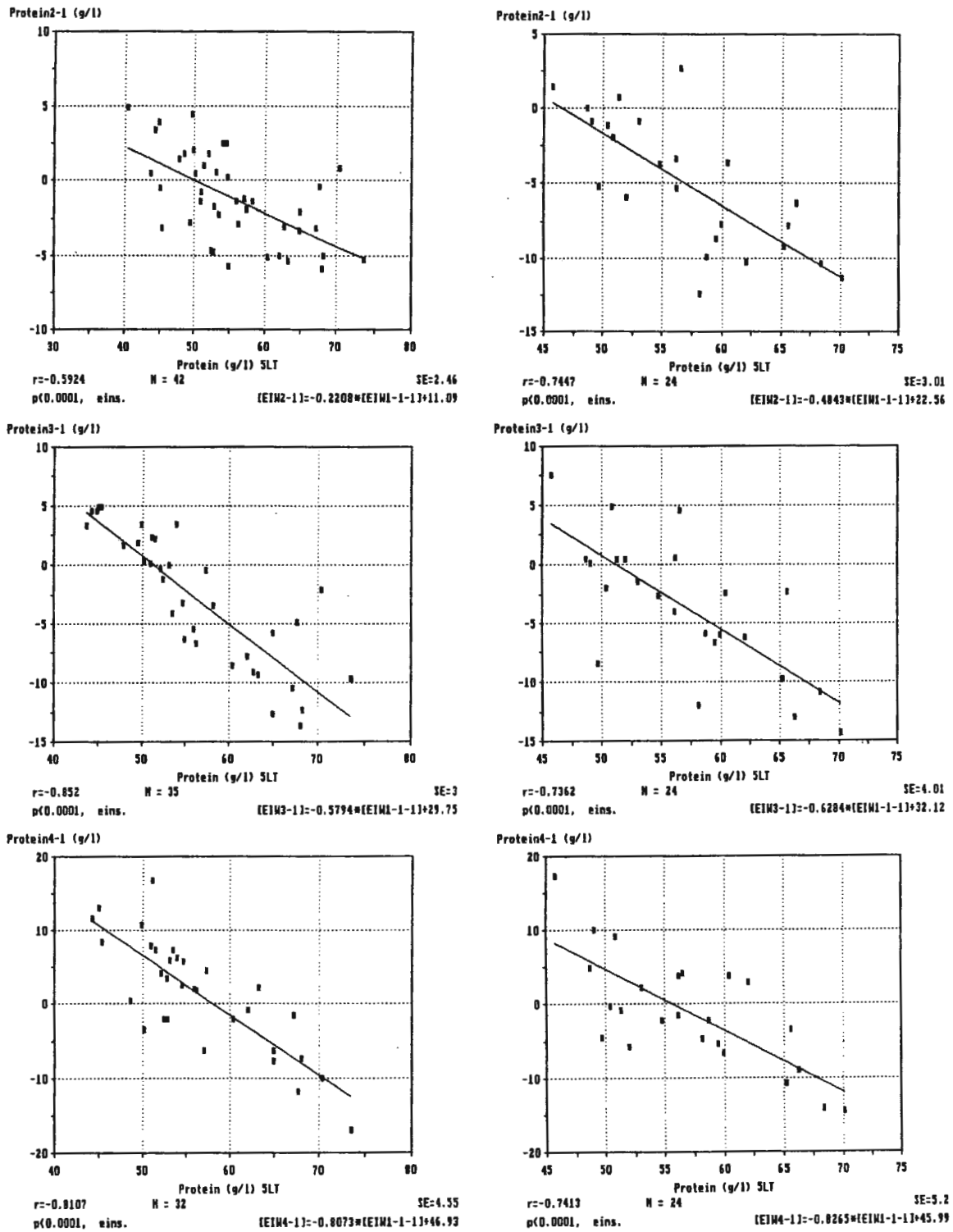


Abbildung 2: Beziehung zwischen der Änderung der Gesamteproteinkonzentration des Blutsersums bei 15 LT, 40 LT und 60 LT (von oben nach unten) und dem Ausgangswert bei 5 LT bei Milchrindkälbern der Gruppe A (linker Teil) und der Gruppe B (rechter Teil), Einzelwerte und Regressionsgrade

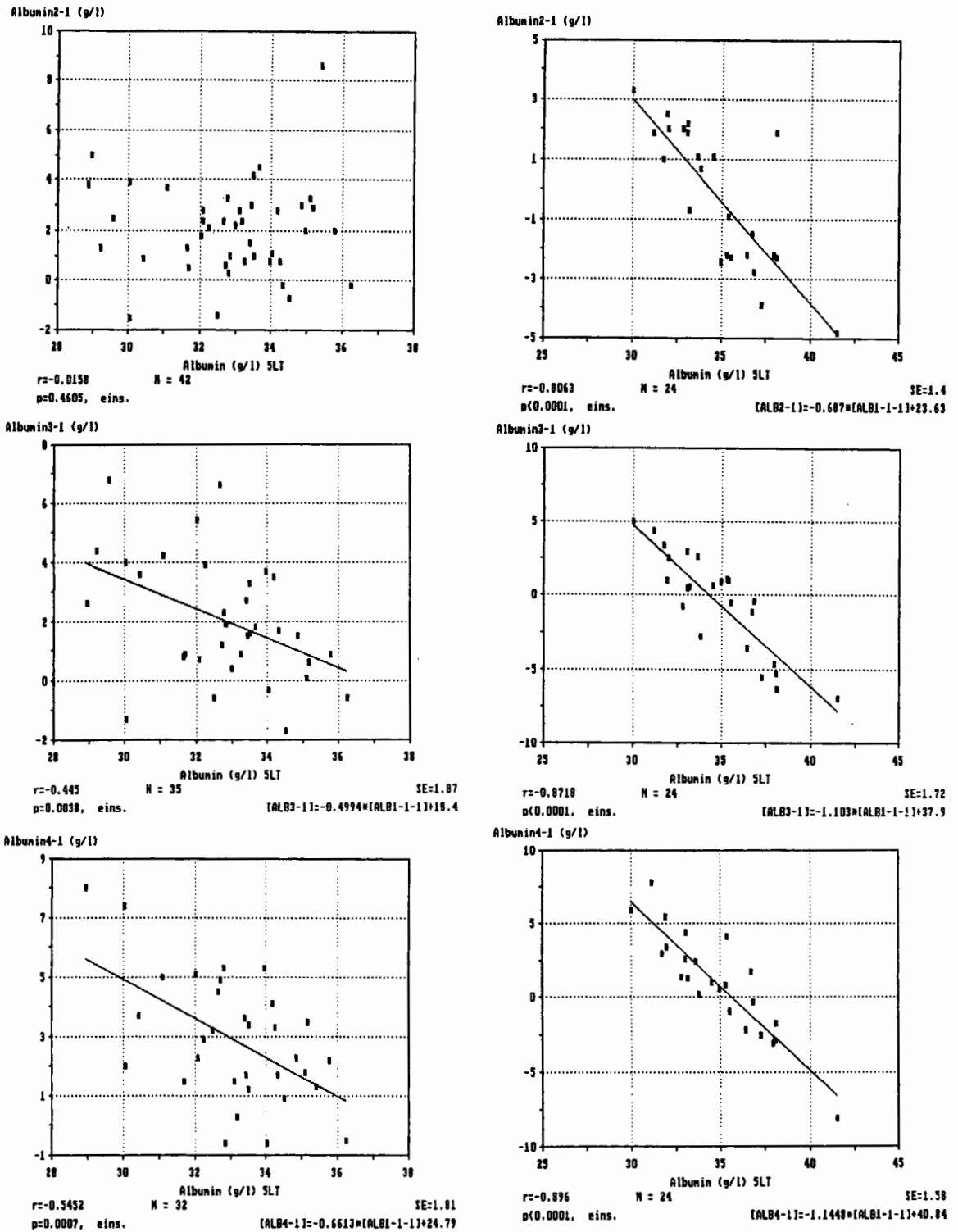


Abbildung 3: Beziehung zwischen der Änderung der Albuminkonzentration des Blutserums bei 15 LT, 40 LT und 60 LT (von oben nach unten) und dem Ausgangswert bei 5 LT bei Milchrindkälbern der Gruppe A (linker Teil) und der Gruppe B (rechter Teil), Einzelwerte und Regressionsgrade