

Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren

Entwicklungsqualität und Anpassung von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung und von in Gruppen am Tränkeautomaten aufgezogenen Kälbern der Deutschen Rotbunten

Martin Steinhardt, Hans-Hermann Thielscher und Walter Grünberg ¹

Zusammenfassung

An Saugkälbern (SK) der Mutterkuhhaltung und an am Tränkeautomaten aufgezogenen Kälbern (TK) der Rasse Deutsche Rotbunte wurden Wachstumskriterien und weitere physiologische Variablen an spezifischen Alterspunkten untersucht und für eine Einschätzung der Anpassung und der Entwicklungsqualität der Tiere genutzt. Die Zuwachsrate und Körpermasse (KM) der SK war in den ersten Lebensmonaten größer als jene der TK. Zwischen Geburtsgewicht und KM bestand bei TK während der Aufzucht eine enge positive Korrelation, bei SK ließ sich diese nur bis 10 Lebenstage (LT) nachweisen. Körpertemperatur, Herzfrequenz und Kreatininkonzentration lagen bei SK beständig, die Totalprotein- und Albuminkonzentration in vielen Fällen signifikant höher und die Plasma-Fe- und Mg-Konzentration sowie Hb, Hk und MCHC signifikant niedriger als bei TK. Signifikante Mittelwertunterschiede einiger Variablen zwischen den Aufzuchtjahren konnten auch bei SK nachgewiesen werden. Die Änderungen der Variablen zwischen den Alterspunkten wiesen enge Korrelationen mit dem Ausgangswert in den ersten Lebenstagen auf, erfolgten individuell in Richtung und Grad unterschiedlich und hatten in den Aufzuchtvarianten einen unterschiedlichen Zeitverlauf. Bei einem Alter von 90 LT waren die Anpassungen vieler Blutmesswerte bei den meisten Tieren weitgehend erfolgt, und die interindividuelle Variation war deutlich verringert. Beziehungen zwischen biochemischen und hämatologischen Variablen und Kriterien der Wachstumsleistung bei SK erreichten zwischen 40 und 70 LT höchste Grade und standen mit den größeren Entwicklungsunterschieden der Tiere in diesem Lebensalter in Verbindung.

Schlüsselworte: Saugkälber, Tränkkälber, Adaption, Entwicklungsqualität, Herzfrequenz, Blutmesswerte

Summary

Species specific conditions in husbandry and physiological functions of animals.

Development quality and adaptation in suckler calves from the mother cow herd and in feeder-fed dairy calves from the German Red Pied breed

On suckler calves (SK) of the mother cow herd and on feeder-fed calves (TK) from German Red Pied breed growth criteria and other physiological variables were investigated at specific age points and the results were used for an assessment of adaptation and development quality of the animals. Growth rate and body weight (KM) of SK were greater than in TK at the first months of life. Between birth weight and body weight at specific age points existed a strong positive correlation in TK, in SK this correlation could be found only at 10 days of age. Body temperature, heart rate and creatinin concentration were lying at all age points and total protein and albumin concentration were lying in many cases significantly higher and the plasma -Fe and Mg concentration, Hb, Hk and MCHC significantly lower in SK than in TK. Significant mean differences of some variables between the years could be found in SK. The changes of the variables between the age points showed strong correlations with the initial values at the first days of life. These changes were individually different concerning the direction and degree and they had different time courses in calves of the two husbandry systems. At life age of 90 days adaptation of most animals has been mostly completed and so interindividual variation became obviously smaller. Correlations between biochemical and hematological variables and the criteria of growth performance in SK came up to highest degrees between 40 and 70 days of age expressing greater differences of development of animals at this life age.

Key Words: suckler calves, feeder-fed calves, adaptation, development quality, heart rate, blood measures

¹ Anschrift der Verfasser: Steinhardt, Martin; Thielscher, Hans-Hermann; Grünberg, Walter; Institut für Tierzucht und Tiervershalten, Institutsteil Trenthorst/Wulmenau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), 23847 Westerau (Trenthorst/Wulmenau)

Einleitung

Saugkälber der Mutterkuhhaltung (SK) haben im allgemeinen im Vergleich mit Zucht- und Mastkälbern vorteilhafte Lebensbedingungen, die tiergerechten Haltungsbedingungen und einer mehr natürlichen Aufzucht in vieler Hinsicht nahe kommen. Physiologische Variablen von in Gruppenhaltung am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkälbern (TK) und auch von Saugkälbern der Mutterkuhhaltung in Beziehung zum Alter der Tiere liegen offensichtlich nur spärlich vor. Blutmesswerte sind beschrieben worden (Rice et al., 1967; Boyd und Hoog, 1981; Reece et al., 1984; Thielscher, 1994; Steinhardt et al., 1995a; Steinhardt und Thielscher, 1998; 2000a,b; Grünberg, 1996; Grünberg et al., 1998; Egli und Blum, 1998) und beziehen sich auf ein genetisch unterschiedliches Tiermaterial. Die Nutzung von Deutschen Rotbunten in der Mutterkuhhaltung und in der Milchviehhaltung innerhalb eines Betriebes ergab die Möglichkeit, an einem einheitlichen Tiermaterial Einschätzungen der Einflüsse von Haltungsbedingungen während der Aufzucht vorzunehmen. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf ein Datenmaterial aus mehreren Projekten. Folgende Fragen waren von Interesse:

- (1) Werden die Variablen und deren Änderungen durch die Haltungsbedingungen beeinflusst und in welchen Altersbereichen treten Unterschiede physiologischer Variablen und der Wachstumsmerkmale zwischen SK und TK deutlicher hervor?
- (2) Lässt sich eine Individualspezifität der Änderung von physiologischen Variablen nachweisen?
- (3) Auf welchem Niveau stellen sich die Variablen im Verlaufe der frühen Aufzuchtperiode bei Kälbern in den Haltungsvarianten ein?
- (4) Ist ein Einfluss der Aufzuchtjahre bei den Haltungsvarianten nachzuweisen?

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden innerhalb eines Betriebes in den Rinderherden des Institutes von den gleichen Personen und an den gleichen Tageszeiten (08.00 bis 09.00 Uhr) während der Winterstallhaltung vorgenommen. Sie beziehen sich auf die Jahre 1993/1994 (a), 1995/1996 (b), 1996/1997 (c) und 1998/1999 (d). In der Mutterkuhhaltung befanden sich die SK bis zum Alter von 5 bis 7 Lebenstagen (LT) in den Abkalbeboxen und anschließend in Gruppenboxen (etwa 20–25 Muttertiere mit Kälbern). Alle Tiere konnten einen zentralen Futtergang erreichen, auf welchem zweimal täglich Silage (Gras, Mais) gegeben worden ist. In einem abgetrennten Kälberliegebereich mit Stroheinstreu wurden den Tieren Kälberfutter und Heu zur Verfügung gestellt. Die Kälber erhielten einen Halsgurt und wurden zur Gewöhnung an Manipulationen täglich von ca. 11.30 bis 13.30 Uhr fixiert. TK der Untersuchung 1995/96 befanden sich in Einzelboxen mit Stroheinstreu

und erhielten gegen 07.00 und 16.00 Uhr Milch aus Tränkeautomaten (etwa 2–4 l pro Mahlzeit). TK der Untersuchung 1996/97 kamen am 1. LT in die Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. Die Zusammensetzung der Gruppe änderte sich beständig, da junge Tiere in Abhängigkeit von der Kalbefrequenz der Milchkuhe hinzukamen und ältere Kälber in eine andere Gruppenhaltung gebracht wurden. Die Kälber erhielten 2 l gepoolte Kolostralmilch für 2 d, dann bis 7 d gepoolte Frischmilch und ab dem 3. LT ansteigende Anteile Milchaustauscher (MAT) (Tränkeautomat der Firma Förster, Milchaustauscher Färsenstart S von Denkavit Futtermittel GmbH, 125 g pro Liter Wasser) nach dem Tränkeschema 6–8 l ansteigend, 8 l anhaltend und dann kontinuierlicher Abfall der Flüssignahrung. Pelletiertes Kraftfutter konnte über einen Automaten ansteigend bis maximal 3 kg pro Tag abgerufen werden. Gleichzeitig wurden Heu und Silage angeboten, und es bestand die Möglichkeit der Kochsalzaufnahme an Lecksteinen. Die Tiere erhielten als Grundversorgung und zur Stabilisierung wegen des vermutlich größeren Belastungsrisikos bei der Einstallung 5 ml Myofer 200 (Hoechst) und 1 ml Vitamin ADE wässrig (WDT) pro Tier über die Milch verabreicht. Für alle Tiere bestand die Möglichkeit der Wasseraufnahme aus Selbsttränken. Messungen sind nur an Kälbern vorgenommen worden, die klinisch unauffällig und nicht in eine Behandlung einbezogen waren.

An spezifischen Alterspunkten wurden Messungen der Körpertemperatur (RT), der Herzfrequenz (HF) und Blutuntersuchungen (*V. jugularis*) vorgenommen. Die Körpertemperatur wurde mit gebräuchlichen Fieberthermometern festgestellt. Messungen der HF wurden mit Hilfe des Polar Sport Testers kontinuierlich über 24 Std. vorgenommen (Steinhardt et al., 1997). Zur Blutentnahme wurden die Kälber mit einem Strickhalfter fixiert. In peripheren venösen Blutproben (*V. jugularis*) wurden der Hämatokritwert (Hk), die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke, im Blutplasma die Totalprotein-, Albumin-, Harnstoff-, Kreatininkonzentration sowie auch diejenige von Ca, Mg, P und Fe ermittelt. Die Blutinhaltsstoffe konnten im Analysenautomaten (Kone, Finnland) mit Reagenzien der Firmen Boehringer und Merck bestimmt werden. Die Blutproben wurden 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) ermittelt werden können, untersucht.

Hk wurde mit der Mikrohämatokritmethode bestimmt. Die Ergebnisse sind mit dem Paket PC-Statistik von Topsoft Hannover und mit Sigma Stat von Jandel Scientific Software bearbeitet und die Regressions- und Korrelationsrechnung sowie die Varianzanalyse angewendet wor-

den. Mit einfacher Varianzanalyse wurde an den Messpunkten der Einfluss der Haltungsvariante und mit einfacher Varianzanalyse für wiederholte Messungen wurde derjenige der Bedingungen an den Untersuchungspunkten geprüft. Wenn Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen nicht gegeben war, wurde die Friedman Varianzanalyse für wiederholte Messungen auf der Basis von Rangplätzen angewendet. Im Falle von Gruppen- oder Messpunktunterschieden wurde mit Hilfe multipler Vergleichsverfahren geprüft (Bonferroni t-Test, Student-Newman-Keuls-Methode), welche Mittelwerte unterschiedlich sind. Mittelwertunterschiede zweier Gruppen wurden mit dem t-Test und dem t-Test für verbundene Stichproben geprüft. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und, wenn nicht ausdrücklich erwähnt, im allgemeinen mit 5 % angenommen worden.

Vergleiche wurden bei gleichem Alter der Kälber an spezifischen Alterspunkten vorgenommen (1) zwischen den Aufzuchtvarianten und Aufzuchtjahren und (2) in der Aufzuchtvariante Saugkälber der Mutterkuhhaltung zwischen den Aufzuchtjahren.

Ergebnisse

Körpermasse, Wachstum

Die Geburtssmasse der Kälber betrug für die Aufzuchtjahre und Aufzuchtvarianten 1993/94: SK $40,6 \pm 6,3$ kg; 1995/96: SK $42,2 \pm 6,6$ kg (Gruppe 10 LT) und SK $43,1 \pm 5,6$ kg (Gruppe 18 LT), TK $41,5 \pm 4,6$ kg; 1996/97: TK $41,6 \pm 5,7$ kg; 1998/99: SK $43,1 \pm 4,5$ kg. Die Mittelwerte waren nur im Falle SK 1993/94 gegen SK 1998/99 schwach signifikant verschieden ($p = 0,0319$). Die Körpermasse (KM) der SK war an den Alterspunkten 15, 30 und 60 LT signifikant größer als bei TK (Abb. 1). Sie war bei SK auch zwischen den Aufzuchtjahren bei 20 LT signifikant verschieden. In diesem Falle war auch das mittlere Lebensalter der SK signifikant unterschiedlich ($18,2 \pm 3,5$ d vs $21 \pm 1,8$ d $p = 0,0048$).

Die Zuwachsrate war bei SK in den ersten beiden Lebensmonaten signifikant größer als bei TK (Abb. 1). Bemerkenswert sind die größeren Variationen der Zuwachsrate bei TK und SK bis zu einem Alter von etwa 20 LT. Die mittlere Zuwachsrate blieb bei den SK zwischen 10 und 90 LT konstant, bei den TK wurde sie bis zum Alter von 90 LT beständig größer.

Zwischen dem Geburtsgewicht (KMG) und der Körpermasse an spezifischen Alterspunkten während der Aufzucht bestand bei TK eine enge positive Korrelation (Tab. 1). Bei SK ließ sich eine schwache positive Korrelation bei einem Alter von 10 LT nachweisen. Für die zugebildete KM (DIKM) und die Wachstumsrate konnten bei TK und SK negative Korrelationen gefunden werden, die bei SK bis zum Alter von 30 LT zu sichern waren. Die KM hatte ab einem Alter von 10 LT positive Korrelationen mit

den Wachstumskriterien der folgen Altersperioden (Tab. 1).

Körpertemperatur, Herzfrequenz

Die Körpertemperatur war bei 20 und 30 LT höher als an den anderen Alterspunkten. Die Mittelwerte waren an allen Alterspunkten zwischen TK und SK signifikant verschieden. Die Mittelwerte von HF lagen an allen Messpunkten bei SK signifikant höher als bei TK. HF verringerte sich mit dem Alter der SK zwischen 30 und 90 LT allmählich, bei TK verringerte sie sich bis 15 LT und stieg dann bei 30 und 60 LT geringgradig an.

Biochemische Blutwerte

SK hatten im ersten Lebensmonat im allgemeinen größere mittlere Totalprotein- und Albuminwerte als TK (Abb. 2). Diese Werte unterschieden sich bei SK auch zwischen den Aufzuchtjahren signifikant. Die Kreatininkonzentration blieb bei SK in den ersten drei Lebensmonaten annähernd konstant, sie verringerte sich bei TK stetig bis zum Alter von 90 LT, so dass sich sichere Mittelwertunterschiede bei 60 und 90 LT feststellen ließen (Abb. 2). Zwischen den Aufzuchtjahren waren bei SK sichere Mittelwertunterschiede der Kreatininkonzentration nachzuweisen. Die Harnstoffkonzentration wies bei SK und TK eine größere Variation auf und änderte sich im Mittelwert wenig (Abb. 2). Die kleinste mittlere Harnstoffkonzentration war bei TK im Alter von 15 LT und die größte bei TK im Alter von 90 LT festzustellen. An diesen Alterspunkten unterschieden sich die Mittelwerte zwischen SK und TK signifikant.

Mineralstoffe

SK hatten im zweiten und dritten Lebensmonat kleinere Mg-Konzentrationen und im ersten und zweiten Lebensmonat kleinere Fe-Konzentrationen als TK (Abb. 3). Die mittleren Mg- und P-Konzentrationen unterschieden sich im ersten Lebensmonat bei SK auch zwischen den Aufzuchtjahren signifikant (Abb. 3).

Hämatologische Variablen und Sauerstoffgehalt des Blutes

Die Mittelwerte von Hb, Hk und MCHC der SK sind an den Alterspunkten 15, 30, 60 und 90 LT kleiner als jene der TK (Abb. 4). Bei SK bestanden zwischen den Aufzuchtjahren Unterschiede der Mittelwerte von Hb, Hk und MCHC, sicher waren diese nur für MCHC bei 10 LT.

Die Mittelwerte von O₂CAP, O₂CONT und in vielen Fällen auch von MetHb und COHb waren bei SK kleiner als bei TK (hier nicht weiter angeführt). Auch bei diesen Variablen waren sichere Unterschiede für SK zwischen den Aufzuchtjahren nachzuweisen.

Individualspezifität der Variablen und gerichtete Änderungen der Variablen während des Wachstums

Für die meisten Variablen konnten zwischen den Alterspunkten hohe Korrelationen nachgewiesen werden. Dies wird hier nicht ausführlicher dargestellt. Die Änderungen der Variablen zwischen den Alterspunkten wiesen enge negative Korrelationen mit dem Ausgangswert in den ersten Lebensstagen auf (Tab. 3). Bei einem Anteil der Kälber waren Änderungen der Variablen zwischen den Alterspunkten sehr geringgradig oder sie waren nicht vorhanden (Beispiele siehe Abb. 5).

Bei diesen Kälbern lagen die Werte der physiologischen Variablen an allen Alterspunkten in solchen Bereichen, die den Referenzwerten für diese Entwicklungsstadien der Tiere sehr nahe kommen. Bei einem weiteren Anteil der Kälber, solche mit kleineren Ausgangswerten, vergrößerten sich die Variablen zwischen den Alterspunkten in unterschiedlichem Grade, und bei Kälbern mit größeren Ausgangswerten verringerten sich die Variablen in unterschiedlichem Grade (Abb. 5). Bei einem Alter von etwa 90 LT sind die Anpassungen vieler Blutmesswerte bei den meisten Tieren weitgehend erfolgt, und die interindividuelle Variation ist beträchtlich verringert. Wie an Abbildung 5, 6, 7 und Tabelle 3 zu sehen ist, sind die Änderungen der Variablen bei TK und SK an den Alterspunkten von unterschiedlichem Grade, und sie können auch verschiedene Niveaus bei TK und SK erreichen. Bei SK waren die Plasma-Fe-Werte im Alter von 10 LT überwiegend kleiner als $18 \mu\text{mol/l}$ und verkleinerten sich bis zum Alter von 45 LT bei einigen Tieren weiter (Abb. 6). Erst bei einem Alter von 65 LT begannen sich die Plasma-Fe-Werte wieder zu vergrößern. Bei TK, die nach der Geburt eine Behandlung mit einem Fe-Präparat erhalten hatten (siehe Material und Methoden), lag die Plasma-Fe-Konzentration zwischen 3 und $45 \mu\text{mol/l}$, und stärkere Zunahmen derselben traten bei Kälbern bis zum Alter von 90 LT ein, deren Werte im Alter von 5 LT kleiner als ca. $18 \mu\text{mol/l}$ waren. Abnahmen der Plasma-Fe-Werte traten bei jenen Kälbern ein, deren Werte bei einem Alter von 5 LT größer als $35 \mu\text{mol/l}$ waren (Abb. 7).

Korrelationen zwischen Wachstumskriterien und anderen physiologischen Variablen

Korrelationen zwischen Blutmesswerten und Wachstumskriterien waren bei SK nachzuweisen und hatten an den Alterspunkten unterschiedliche Stärke (Tab. 2). Enge Korrelationen ließen sich häufiger im zweiten Lebensmonat der SK nachweisen. Hervorzuheben ist die Feststellung, dass die Regressionen einiger Blutmesswerte untereinander und auch mit den Wachstumskriterien unterschiedliche Koeffizienten in bestimmten Wertebereichen aufwiesen. Dies veranlasste zur Berechnung sogenannter „Break-points“, die durch x_s und y_s (Abb. 8) festgelegt sind und mit Grenzwerten bei der Ausbildung defizitärer

Zustände oder eingeschränkter funktioneller Kapazitäten in Verbindung stehen können.

Diskussion

Die Geburtsgewichte der Saugkälber (SK) und Tränkkälber (TK) wiesen eine größere Streuung auf, die Mittelwerte waren bis auf eine Ausnahme (SK 1993/94 vs SK 1996/97) nicht signifikant verschieden. Die geringgradige Korrelation des Geburtsgewichtes mit Kriterien der Wachstumsleistung während des ersten Lebensmonats der SK (Tab. 1) und die hohe Korrelation von Geburtsgewicht und Körpermasse der TK bis zum Alter von 90 LT sowie mit dem Alter zunehmende Variationen der KM bei SK und TK und auch die größeren Variationen der meisten untersuchten physiologischen Messwerte bis zum Alter von etwa 2 Monaten weisen auf die differenzierte Wechselwirkung zwischen genetischen und Umweltfaktoren in dieser Entwicklungsperiode der Kälber hin. Unterschiede physiologischer Variablen der SK zwischen den Aufzuchtjahren können in diesem Sinne bewertet werden.

Beziehungen der biochemischen und vor allem der hämatologischen Konzentrationsmaße mit Kriterien der Wachstumsleistung, die bei SK festzustellen waren (Tab. 2), sind Ausdruck der individuellen Entwicklungsqualitäten der Funktionssysteme bei den Tieren in Verbindung mit der Wachstumsleistung und Fleischkörperbildung sowie mit einem beträchtlich variierenden körperlichen Aktivitätsniveau. Das markantere Hervortreten dieser Beziehungen in dem Altersbereich zwischen etwa 40 und 70 LT (Tab. 2) ist darauf zurückzuführen, dass in dieser Zeit eine stärkere Differenzierung der individuellen Entwicklungsverläufe wahrscheinlich infolge des Überganges von der prämenalen in die rumenale Verdauung erfolgt.

Die insbesondere in den ersten 3 Lebenswochen größere Streuung der Harnstoffwerte (Abb. 2) lässt die unterschiedliche Protein- und Energieaufnahme der SK und auch der TK erkennen. Während der ersten Lebenswochen sind hinsichtlich der Nahrungsaufnahme und Nährstoffverfügbarkeit größere interindividuelle Unterschiede bei SK und TK möglich. Einflüsse von Ernährungsqualität und Wachstumsfaktoren (Zeitpunkt der Aufnahme, Kolostrummenge und -qualität) auf metabolische und endokrine Merkmale der Kälber in den ersten Lebenswochen sind in experimentellen Untersuchungen nachgewiesen worden (Blum et al., 1997; Hammon und Blum, 1998a,b). Bei TK wurde die täglich vorgegebene Menge an MAT von den Tieren aufgenommen. Bei SK wiesen Milchaufnahme und Wachstumskurven große interindividuelle Unterschiede und spezifische Verläufe während der Milchernährungs- und Entwöhnungsperiode auf (Steinhardt et al., 1995b,c). Die Aufnahme von Festfutter variierte bei TK und SK beträchtlich in den ersten beiden Lebensmonaten. Größere Totalprotein- und Albuminkonzentrationen bei SK sind auf die bessere Verfügbarkeit von Proteinen und Aminosäuren und auf die Stoffwechselaktivität der Leber und

anderer Organe zurückzuführen. Die bis zu 90 LT bei SK wenig veränderte Kreatininkonzentration weist auf den größeren Muskelanteil an der Körpermasse bei diesen Tieren hin. Die Abnahme der Mg-Konzentration bei einem größeren Anteil der SK (Abb. 3), die auch bei Simmentaler Kälbern festgestellt worden ist (Egli und Blum, 1998), steht möglicherweise mit dem Rückgang der Milchverfügbarkeit und der zunehmenden Muskelbildung im Zusammenhang. Die Mineralstoffaufnahme war für SK und TK im wesentlichen mit der Aufnahme der Hauptnährstoffe verbunden und auf in diesen enthaltene Mineralstoffe beschränkt. Leckschalen wurden von den Kälbern wenig angenommen. Die bei SK und TK bis zum Alter von 90 LT noch stark variierenden Plasma-Fe-Konzentrationen lagen im Mittel bei SK unterhalb und bei TK oberhalb bekannter Referenzwerte von 18 $\mu\text{mol/l}$ (Abb. 3). Kleinere Wachstumsraten und der mit 100 mg/kg supplementierte MAT können zu größeren Mittelwerten der Plasma-Fe-Konzentration bei TK beigetragen haben. Bei SK der Rasse Simmentaler fielen die mittleren Fe-Plasmakonzentrationen bis 28 d ab (Hälftespielraum etwa zwischen 4 und 7 $\mu\text{mol/l}$) und stiegen dann wieder an (Egli und Blum, 1998). Die Änderungen der Fe-Plasmawerte und die bei SK gegenüber TK bis zum Alter von 90 LT kleineren hämatologischen Konzentrationsmaße (Abb. 4) sind aus mehreren Gründen von besonderem Interesse.

Bemerkenswert ist insbesondere die Feststellung auf der Grundlage von Reagenzien-Nichtreagenzien-Bewertungen in dieser und in vorangegangenen Untersuchungen (Steinhardt und Thielscher, 1998; 2000b), dass die während der Adaptation notwendigen optimalen Wertebereiche bei den Kälbern in den verschiedenen Haltungsverfahren nach individuell unterschiedlichen Zeitverläufen erreicht werden konnten (Abb. 5, 6, 7) und dass sich bei einem größeren Anteil der Kälber aus einer Kalbeperiode viele physiologische Variablen in solchen Wertebereichen befanden, die sich während der Aufzucht nicht wesentlich änderten und wahrscheinlich Referenzwerten sehr nahe kommen.

Diese Befunde, bei welchen sich bei einem bestimmten Anteil der untersuchten Kälber physiologische Variablen in spezifischen Altersbereichen unterschiedlich in Richtung und Grad änderten (Abb. 5, 6, 7), stimmen mit denen anderer Arbeiten überein, in welchen differente Reaktionsweisen bei TK mit hohem bzw. niedrigem Hb-Ausgangswert am Ende der 1. Lebenswoche im Verlaufe der Aufzucht und nach erhöhter Fe-Zufuhr über den Milchaustauscher festgestellt wurden (Miltenburg et al., 1991). Unterschiedliche Zeitverläufe der Mittelwerte hämatologischer Variablen und der Plasma-Fe-Werte von Kälbern des Fleckviehs gegenüber solchen der Deutschen Rotbunten und Deutschen Schwarzbunten (Jekel, 1986) wurden auf eine bessere Kompensation geologischer und nutritiver Bedingungen durch solche Rassenvertreter zurückgeführt (Bostedt et al., 2000).

Änderungen hämatologischer Variablen bei Kälbern während der frühen Aufzuchtperiode sind außer durch Fe-

Verfügbarkeit auch durch weitere Faktoren (Protein-Energie-Ernährung, Wachstumsqualität, Muskelbildung, körperliche Aktivität) stärker beeinflussbar. Große Stoffwechselintensität, zu erkennen an einer in den ersten Lebensstagen höheren Körpertemperatur und ansteigenden Herzschlagfrequenz der SK (Abb. 1), und körperliche Aktivität einer bestimmten Intensität (Spielverhalten) beeinflussen die Volumenmaße (Blut-, Plasma-, Erythrozytenvolumen), fördern den Erythrozytenabbau und stimulieren die Erythropoese u.a. über die vermehrte Bildung von Erythropoietin (EPO). Für die Tierart Rind sind dazu für das derzeit in der Produktion genutzte genetische Material und die gebräuchlichen Haltungsverfahren keine zuverlässigen Angaben zu finden. Zunehmende motorische Aktivität wird durch entwicklungsphysiologische und soziale Faktoren bestimmt und ist vom Alter und von der Gruppengröße und -zusammensetzung sowie von den räumlichen Gegebenheiten abhängig. Soziale Stimulationen und Spielverhalten (Byers, 1984; Jensen et al. 1998; Jensen und Kyhn, 2000) waren bei SK in ausgeprägter Form zu beobachten, bei TK vorwiegend während der Serviceperioden. Einflüsse auf Intensität und Dauer der motorischen Aktivität und typmäßige Reaktionsweisen sind bisher nicht ausführlicher untersucht und quantifiziert worden. Der Grad des lokomotorischen Spielens und dessen Synchronie verringerten sich über die Wochen bei mutterlos aufgezogenen Kälbern, das spielerische Kämpfen, in welches männliche Tiere mehr einbezogen waren, jedoch nicht (Jensen und Kyhn, 2000). Befunde an TK beziehen sich auf ein unterschiedliches genetisches Material sowie auf Aufstallungsformen, die hinsichtlich der Ernährung, Fütterungstechnik, Raumverfügbarkeit und der körperlichen Bewegungsmöglichkeit für die Kälber sehr unterschiedlich waren. In einigen Fällen (Bünger et al., 1983) befanden sich die Tiere in den ersten Lebenswochen (5 bis 37 LT) in extremer Enghaltung (Schmalboxen ohne Einstreu). Insbesondere bei SK, aber auch bei TK in Gruppenhaltung sind Einflüsse durch die Vorgehensweise bei der Probennahme zu erwarten, wenn die Tiere die Nähe des Menschen und Manipulationen nicht gewohnt sind und die Erregungen und körperlichen Aktivierungen in Abhängigkeit vom Alter, von der typmäßigen Reaktionsweise und dem Training der Tiere unterschiedliche Ausmaße erreichen und die Variablen verändern können. Vorteilhaft war in den vorliegenden Untersuchungen, dass die Vorgehensweisen einheitlich waren und die Probennahmen von den gleichen Personen vorgenommen worden sind. Höhere, aber auch niedrigere Konzentrationsmaße einiger Variablen bei Saugkälbern (Reece und Hotchkiss, 1987; Thielscher, 1994) und auch bei Tränkkälbern in Gruppenhaltung müssen in enger Verbindung mit der Vorgehensweise bei der Probennahme kritisch eingeschätzt werden.

Viele physiologische Variablen weisen nach der Geburt eine bemerkenswerte interindividuelle Variation auf, deren Ursachen in der Entwicklungsqualität und der

Anpassung an spezifische regulatorische und nutritionelle Bedingungen im Körper des Muttertieres sowie in Auswirkungen des Geburtsvorganges zu suchen sind (Steinhardt und Thielscher, 2000b). Während Verkleinerungen von Hk und Hb in den ersten Lebenstagen eine Folge der Erweiterung des Gefäßsystems und der damit verbundenen Blutvolumenvergrößerung (vorwiegend Plasmavolumen, Hämodilution) sind, stehen die Änderungen in der folgenden Zeit mit der Entwicklung und der funktionellen Kapazität der Organe wie z. B. Leber, Lunge, Niere, Muskulatur und mit der Kapazität und Stimulationsintensität des erythropoetischen Gewebes in Verbindung. Diese bei Jungtieren vieler Spezies in ähnlicher Weise ablaufenden Erscheinungen sind im Zusammenhang mit (1) der Qualität der fetalen Erythropoese und deren Auswirkungen über die in den ersten Lebenswochen vorhandene Erythrozytenpopulation (Menge und Qualität der Erythrozyten), (2) die Regulation und Kapazität des erythropoetischen Gewebes begrenzende Faktoren während der postnatalen Wachstumsperiode und (3) Effekten des Geburtsverlaufes auf die Erythrozytenmenge der neugeborenen Tiere zu sehen. Die in der Leber als Hauptspeicherorgan vorhandene Menge an Fe variiert bei neugeborenen Kälbern sowohl von Färsen als auch von Kühen beträchtlich (Miltenburg et al., 1991; Steinhardt et al. 1993). Dies lässt die individuell unterschiedliche Nutzung des Speichers und auch die unterschiedliche Entwicklung des Organs (Größenzunahme des Speichers) selbst erkennen. Infolge des Geburtsverlaufes können hohe Anteile der fetalen Erythrozytenmenge in den Eihäuten verbleiben, so dass den Neugeborenen eine beträchtliche Menge an Fe verloren geht. Extrem unterschiedliche Transfusionen während der Geburt sind auch bei Zwillingen möglich. Die Plasma-Fe-Konzentration fällt in den ersten Lebenstagen bei Kälbern ab. Bei den Nachkommen milchbetonter Rassen hatten 18,8 % der Neugeborenen aus verschiedenen Beständen, gemessen an der Plasma-Fe-Konzentration (Grenzwert 18 $\mu\text{mol/l}$), im präkolostalen Stadium eine „larvierte Sideropenie“ (Bostedt et al., 1990).

Das Sauerstoffbindungs- und -abgabevermögen, welches u. a. von der Hämoglobinvariante (HbF, HbA oder HbB) abhängig ist, eine verringerte EPO-Bildung oder Wirkung und auch die Verfügbarkeit, Mobilisierung und Utilisierung essentieller Elemente wie Fe können eine Rolle spielen. Die Änderung der Hb-Variantenkomposition während dieser Entwicklungsperiode der Kälber kann durch Erkrankungen und andere Faktoren beeinflusst werden. 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 im geburtsnahen Zeitraum zunehmend in der Niere gebildet. Die Expression von EPO in glomerulärem Gewebe bei Neugeborenen wird durch hohe Cortisolkonzentrationen gehemmt (Schaf: Lim et al., 1996). 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). Eine empfindliche Reaktivität der Nebennierenrindenhormonproduktion und -disposition bei Kälbern ist bekannt.

Hinsichtlich der Notwendigkeit und Intensität von Fe-Supplementierungen bei Kälbern in der frühen Aufzuchtperiode bestehen Unterschiede, wenn zootechnische (z. B. Fleischqualität) und biologische Kriterien (Entwicklungsqualität, physische Fitness, Krankheitsresistenz, Lebensdauer) für die Optimierung herangezogen werden. Der Einfluss bei mit Milch und MAT ernährten Kälbern auf die hämatologischen Variablen durch die Fe-Aufnahme, die meistens durch Berechnungen auf der Grundlage des Fe-Gehaltes der Futtermittel eingeschätzt wird, kann prinzipiell durch die Fe-Reserven zum Zeitpunkt der Geburt, durch Geschlecht, Wachstumsrate, chemische Form des verabreichten Fe, Zusammensetzung der Nahrung, Malabsorption, Grad der intermediären Fe-Utilisierung und durch Fe-Verluste des Körpers modifiziert werden. Bei Bezugnahme auf das Niveau hämatologischer Variablen (Hb, Hk, Prophylaxe der Anämie) erfolgten Fe-Supplementierungen von 40 mg pro Tier und Tag (Kume und Tanabe, 1996). Um den „physiologischen Bedarf“ (Nahrungsverwertung, Wachstumsraten, Leistung bei physischer Aktivität, metabolische und endokrine Änderungen, Infektionsraten, Immunreaktionen und Gesundheitsindex) zu gewährleisten, wurden 50 mg Fe/kg Milchaustauscher für ausreichend gehalten (Lindt und Blum, 1994). Supplementierungen von Fe in diesen Größenordnungen reichen aus, um den mittleren Erythropoeseisenbedarf in Abhängigkeit von genetischem Material und den Aufzuchtbedingungen bei einem größeren Anteil der Kälber zu gewährleisten und in vielen Fällen auch den Gewebeeisenbedarf zu fördern. Das meiste Fe, ob oral verabreicht oder injiziert, wird in der frühen Aufzuchtperiode durch die Erythrozyten genutzt, und nur eine kleine Menge wird an den Speicherorten angereichert (Miyata et al., 1984). An der gegenüber Raufutter und Konzentraten besseren Verfügbarkeit von Fe durch Fe-Supplementierungen der Milch und der Milchaustauscher (Bünger et al., 1987; Egger und Bourgeois, 1993) sind mehrere Faktoren beteiligt, die noch wenig untersucht worden sind. Lactoferrin kann die Fe-Absorption aus dem Darm und die Aufnahme von Fe in Hämoglobin mehr fördern als den Übergang von Fe in Speicher. Es stabilisiert Fe²⁺ im Gastrointestinaltrakt oder Blutplasma unmittelbar nach der Verabreichung und beschleunigt die Aufnahme des Fe in Hämoglobin. Mit Kolostrum und Vollmilch (5 l pro Tag an 2 Zeiten) sowie Kälberstarterpellets und Heu ernährte Kälber (Holstein Friesian) reagierten auf Supplementierung von 40 mg Fe pro Tag bzw. 40 mg Fe und 5 g Lactoferrin pro Tag eingemischt in das Kolostrum bei einem Alter von 1 bis 5 Lebenstagen mit Vergrößerung von Hb und Hk (Kume und Tanabe, 1996). Mittelwerte von Hb lagen bei einem Alter von 10 d zwischen 11 und 11,5 g/dl und diejenigen von Hk zwischen 36 und 37 %. Plasma-Fe war am 2. LT

größer als bei Kontrolltieren und fiel dann wie bei diesen bis 10 LT wieder ab.

Wie an mittleren Hb zwischen 9,9 und 10,9 g/dl bei TK während der Aufzucht zu sehen ist (Abb. 4), können die für den MAT deklarierten 100 mg Fe/kg den Fe-Bedarf für die Erythropoese bei einer langsam ansteigenden Wachstumsrate der Kälber (Abb. 1) gewährleisten. Bei SK fallen Hb und Hk während der Zeit der größten mittleren Wachstumsrate in den ersten 3 Lebenswochen ab (Abb. 4) und liegen im Mittel zwischen Hb 8 und 8,5 g/dl und Hk 28 und 29 %.

In einer Querschnittsuntersuchung (33 Betriebe) an Kälbern verschiedener Rassen (Brown Swiss, Ehringer, Holstein Friesian, Red Holstein, Simmentaler, Black Angus, Limousin, Montbéliard) wurden die größten Werte für Hb, PCV und RBC bei Kälbern gemessen, welche Buttermilch erhielten, der mit Fe-angereichertes Milchpulver zugesetzt war (Lindt und Blum, 1994). Die kleinsten Hb, PCV, RBC und Plasma-Fe-Werte wurden nicht bei solchen Kälbern festgestellt, die nur mit Vollmilch ernährt worden waren, sondern bei jenen, die Vollmilch und mit Fe-supplementiertes Milchpulver erhielten. Das Alter der Kälber bei der Untersuchung (Mittel 9 Wochen) erstreckte sich allerdings über einen Bereich von 3 bis 15 Wochen, eine Lebensperiode, in welcher bei vielen Messwerten starke Änderungen vorkommen können. Parenterale Verabreichung von Fe (1. Lebenstag nach ausreichender Kolostrumversorgung, Deutsch Rotbunt N=17; Deutsch Schwarzbunt N=32) führte bei Dosierungen von 1000 mg i.m. pro Tier zu mittleren Plasma-Fe-Konzentrationen, die über 40 µmol/l in der folgenden Zeit und bis zum Alter von 43 LT lagen (Bostedt et al., 2000). Die mittleren Fe-Werte der Kontrollgruppe und der mit 750 mg i.m. pro Tier behandelten Gruppe waren sämtlich zwischen etwa 18 und 35 µmol/l, einem Variationsbereich, der in Verbindung mit dem inneren Fe-Stoffwechsel charakteristisch ist. Die Hb-Werte lagen im Alter von 17 bis 43 LT zwischen 7,5 und 8 mmol/l (12,1 und 12,9 g/dl).

Literatur

- Blum, J. W., Hadorn, U., Sallmann, H.-P. and Schuep, W. (1997): Delaying colostrum intake by one day impairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and α -tocopherol status in neonatal calves. - *J. Nutr.* 127, S. 2024-2029
- Bostedt, H., Jekel, E. und Schramel, P. (1990): Zur Entwicklung der Eisen- und Kupferkonzentration im Blutplasma von Kälbern in den ersten Lebenstagen und -wochen, gleichzeitig ein Beitrag zur larvierten neonatalen Eisenmangelanämie. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 97, S. 400-403
- Bostedt, H., Hospes, R., Wehrend, A. und Schramel, P. (2000): Auswirkungen einer parenteralen Eisenzufuhr auf den Eisenversorgungsstatus in der frühen postnatalen Entwicklungsperiode beim Kalb. - *Tierärztl. Umschau* 22, S. 305-315
- Boyd, J. W. and Hogg, R. A. (1981): Field investigations on colostrum composition and serum thyroxin, cortisol and immunoglobulin in naturally suckled dairy calves. - *J. Comp. Pathol.* 91, S. 193-203
- Büntger, U., Schmoldt, P., Jentsch, D., Schönfelder, E., Kleiner, W., Brade, W., Kaphengst, P., Furcht, G. und Grätsch, U. (1983): Entwicklung der Eisenresorptions- und Eisenverwertungsbedingungen bei Aufzuchtälkälbern in der Übergangsphase von der präruminalen zur ruminalen Verdauung (Alter 0-90 d). 1. Mitteilung: Entwicklung des Futtermittels der Eisenaufnahme, des roten Blutbildes und der Eisenstoffwechselformparameter während der Haltung im Kolostralkälberbereich. - *Arch. Exper. Vet.med.* 37, S. 777-800
- Büntger, U., Schmoldt, P., Ponge, J., Graetsch, U., Schoenfelder, E. und Furcht, G. (1987): Zum Vorkommen von Eisenmangelanämie bei Aufzuchtälkälbern. - *Mh. Vet. Med.* 42, S. 132-135
- 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.
- Egger, I. und Bourgeois, S. (1993): Einfluss einer ad libitum Heubefütterung auf die Fleischfarbe und die Leistung von Mastkälbern. - *Landw. Schweiz* 6, S. 267-271
- Egli, C. P. and Blum, J. W. (1998): Clinical, haematological, metabolic and endocrine traits during the first three months of life of suckling Simmentaler calves held in a cow-calf operation. - *J. Vet. Med. A* 45, S. 99-118
- 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., Steinhardt, M., Rath, D. und Niemann, H. (1998): Schilddrüsenhormone bei Saugkälbern der Rassen Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian. - *Tierärztl. Prax.* 26, S. 318-325
- Hammon, H. and Blum, J. W. (1998a): Endocrine and metabolic changes in neonatal calves in response to growth hormone and long-R³- insulin-like growth factor-I administration. - *Biol. Neonate* 73, S. 121-128
- Hammon, H. and Blum, J. W. (1998b): Metabolic and endocrine traits of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or only milk replacer. - *J. Nutr.* 128, S. 624-632
- Jekel, E. (1986): Über Konzentrationsänderungen von Elektrolyten und Spurenelementen im Blutplasma von Kälbern in den ersten Lebensstunden und -tagen. - *Vet. Med. Diss. Gießen*
- Jensen, M. B. and Kyhn, R. (2000): Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. - *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67, S. 35-46
- Kume, S.-I. and Tanabe, S. (1996): Effect of supplemental lactoferrin with ferrous iron on iron status of newborn calves. - *J. Dairy Sci.* 79, S. 459-464
- 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
- Lindt, F. and Blum, J. W. (1994): Occurrence of iron deficiency in growing cattle. - *J. Vet. Med. A* 41, S. 237-246
- Miltenburg, G. A. J., Wensing, T., van Vliet, J. P. M., Schuijt, G., van de Broek, J. and Beukink, H. J. (1991): Blood hemoglobin, plasma iron, and tissue iron in dams in late gestation, at calving, and in veal calves at delivery and later. - *J. Dairy Sci.* 74, S. 3086-3094
- Miyata, Y., Furugouri, K. and Shijimaya, K. (1984): Developmental changes in serum ferritin concentration of dairy calves. - *J. Dairy Sci.* 67, S. 1256-1263

- 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
- 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
- Steinhardt, M., Bünger, U., Langanke, M., Gollnast, I. und Kutschke, J. (1993): Spurenelementausstattung neugeborener Kälber - Einflüsse des Muttertieres sowie von genetischer Konstruktion, Geschlecht und Reifegrad des Neugeborenen. - *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 100, S. 121 – 124
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Lehr, A., Ihnen, B., Szalony, S., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995a): 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., Bönner, S. und Smidt, D. (1995b): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Lebensalters- und Körpermassebereiche der Kälber. - *Landbauforschung Völkenrode* 45, S. 113 – 121
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Bönner, S. und Smidt, D. (1995c): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Alter des Muttertieres und Merkmale des Kalbes. - *Landbauforschung Völkenrode* 45, S. 177 – 190
- Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Ermgassen, K. und Lehr, A. (1997): Langzeitmessungen in entwicklungs- und verhaltensphysiologischen Untersuchungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel der Herzschlagfrequenz. - *Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Heft 9*, S. 47-70
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (1998): Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren. Entwicklungsqualität und Anpassung von Kälbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht in verschiedenen Haltungsvarianten und ihre Beziehung zu metabolischen und hämatologischen Variablen sowie zur Herzschlagfrequenz. - *Landbauforschung Völkenrode* 48, S. 118-138
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (2000a): Physiologische Variablen und Wachstumsleistung bei Saugkälbern der Mutterkuhhaltung in den ersten beiden Lebensmonaten - *Tierärztliche Umschau* 55, S. 380-389
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.-H. (2000b): Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren. Entwicklungsqualität von Milchrindkälbern nach der Geburt und frühe postnatale Adaptation der Tiere in Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. - *Tierärztl. Umschau* 55, S. 189-198
- Thielscher, H.-H. (1994): Hämoglobingehalt und Laktatkonzentration bei Kälbern unter extensiven und intensiven Haltungsbedingungen. - *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 107, S. 20-22
- 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

Anhang: Abbildungen und Tabellen

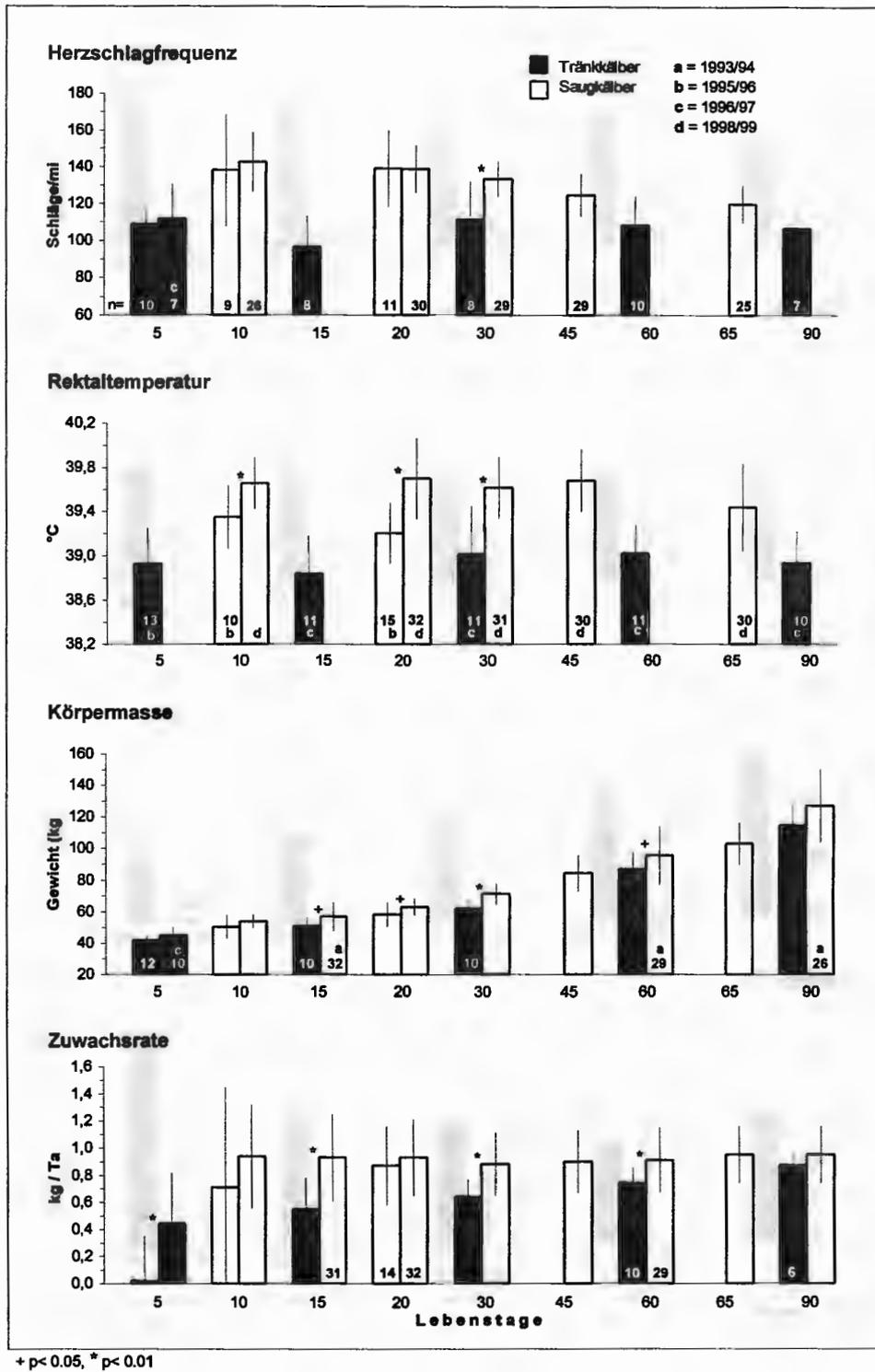


Abb.1: Körpertemperatur (Rektaltemperatur), Herzfrequenz, Körpermasse und Zuwachsrate von Kälbern der Deutschen Rotbunten in zwei Haltungssystemen
 Fig.1: Rectal body temperature, heart rate, body weight and growth rate of calves from German Red Pied breed kept in two rearing systems

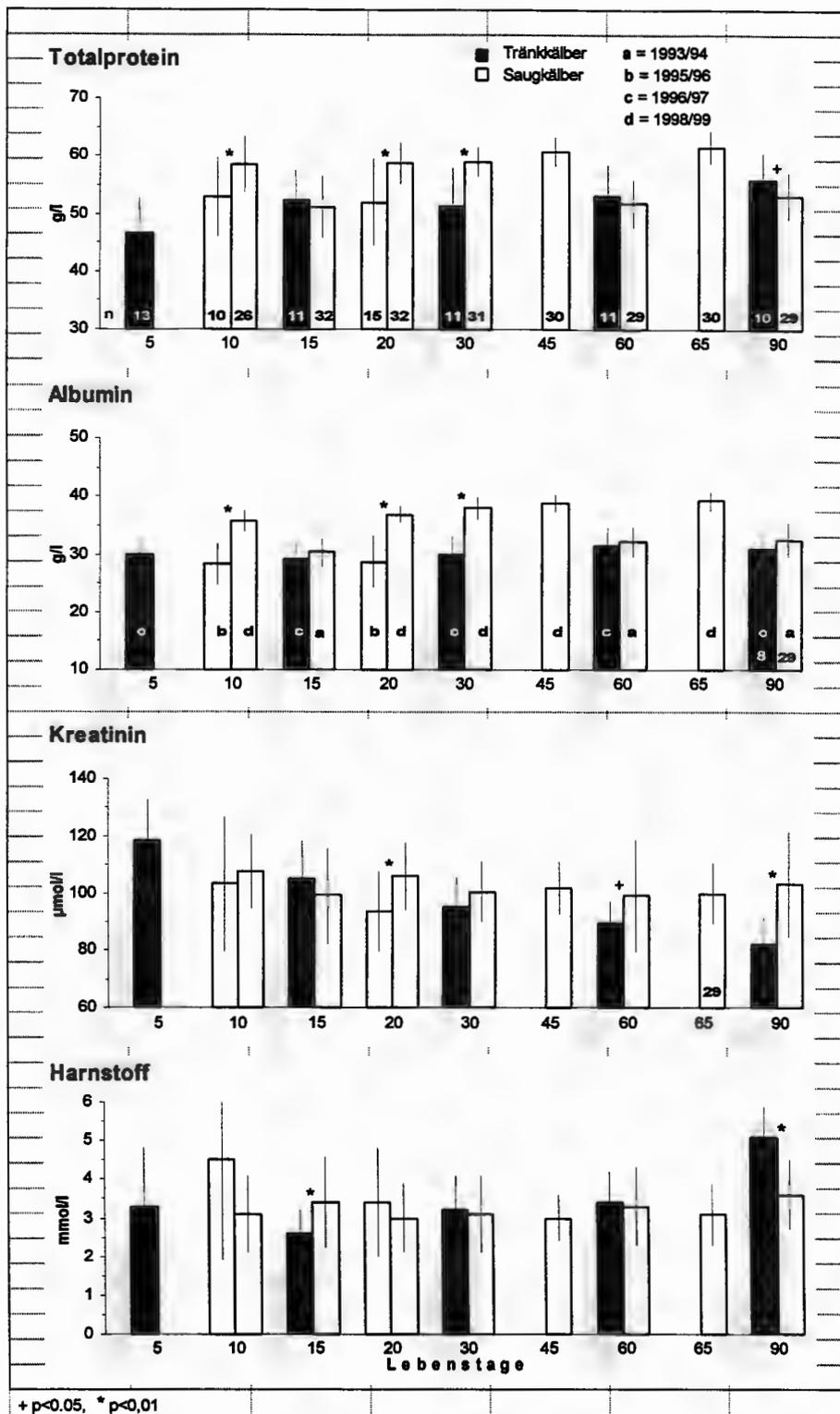


Abb. 2: Biochemische Blutwerte von Kälbern der Deutschen Rotbunten in zwei Haltungsvarianten
 Fig. 2: Biochemical blood values in calves from the German Red Pied breed kept in two rearing systems

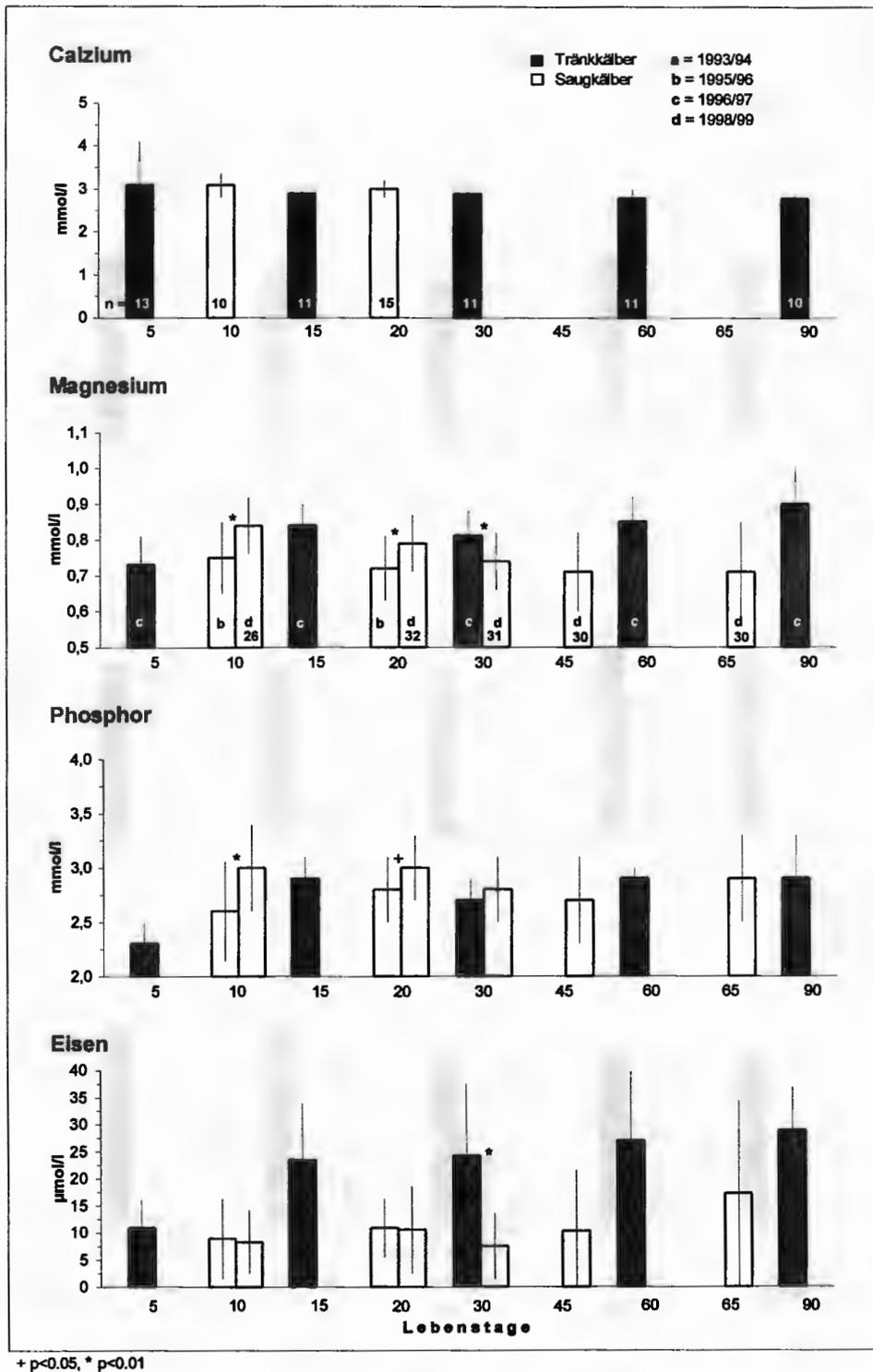


Abb. 3: Mineralstoffe des Blutplasmas von Kälbern der Deutschen Rotbunten in zwei Haltungsvarianten
 Fig. 3: Minerals of blood plasma in calves from German Red Pied breed kept in two rearing systems

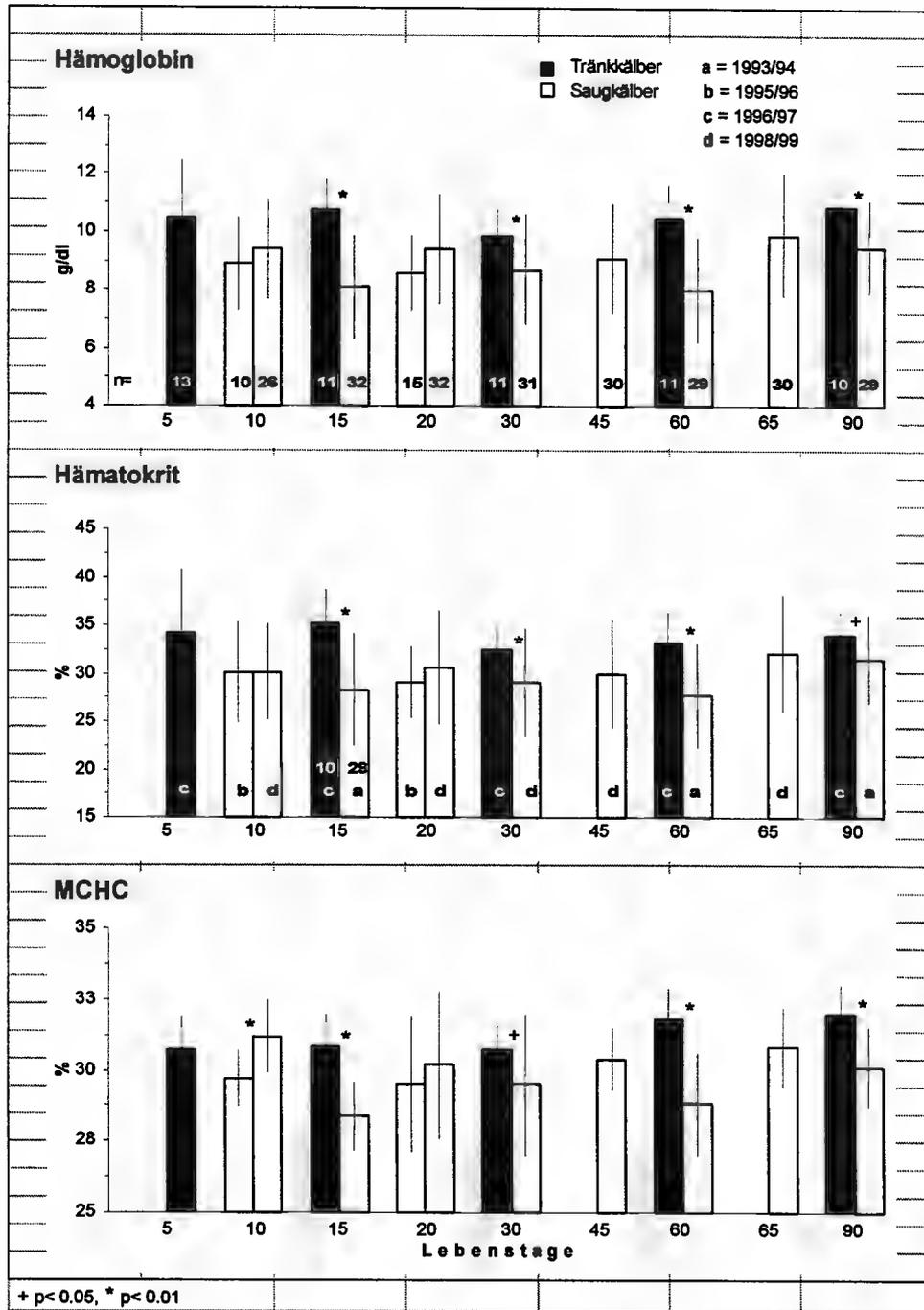


Abb. 4: Hämatologische Variablen von Kälbern der Deutschen Rotbunten in zwei Haltungsverfahren
 Fig. 4: Hematological variables in calves from German Red Pied breed kept in two rearing conditions

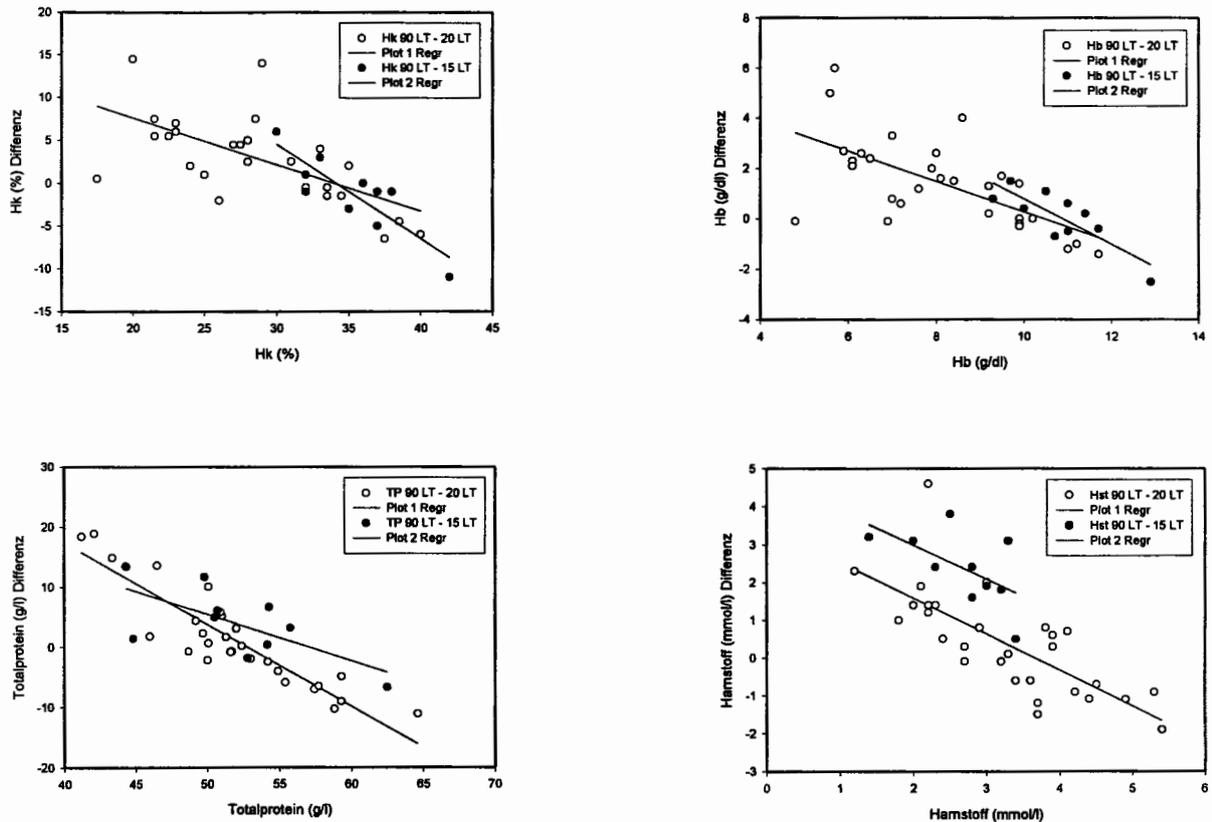


Abb. 5: Beziehung zwischen der Änderung von Hk, Hb, Totalprotein und Harnstoff bei einem Alter von 90 Lebenstagen und den Ausgangswerten bei 15 LT bzw. 20 LT, Kälber der Deutschen Rotbunten in zwei Haltungsverfahren, Einzelwerte und Regressionsgraden (siehe Tab. 3)

Fig. 5: Correlation between the changes of Hk, Hb, total protein and blood urea by 90 days of age with the initial values at 15 days and 20 days of age respectively, calves from German Red Pied breed kept in two rearing systems, see also table 3

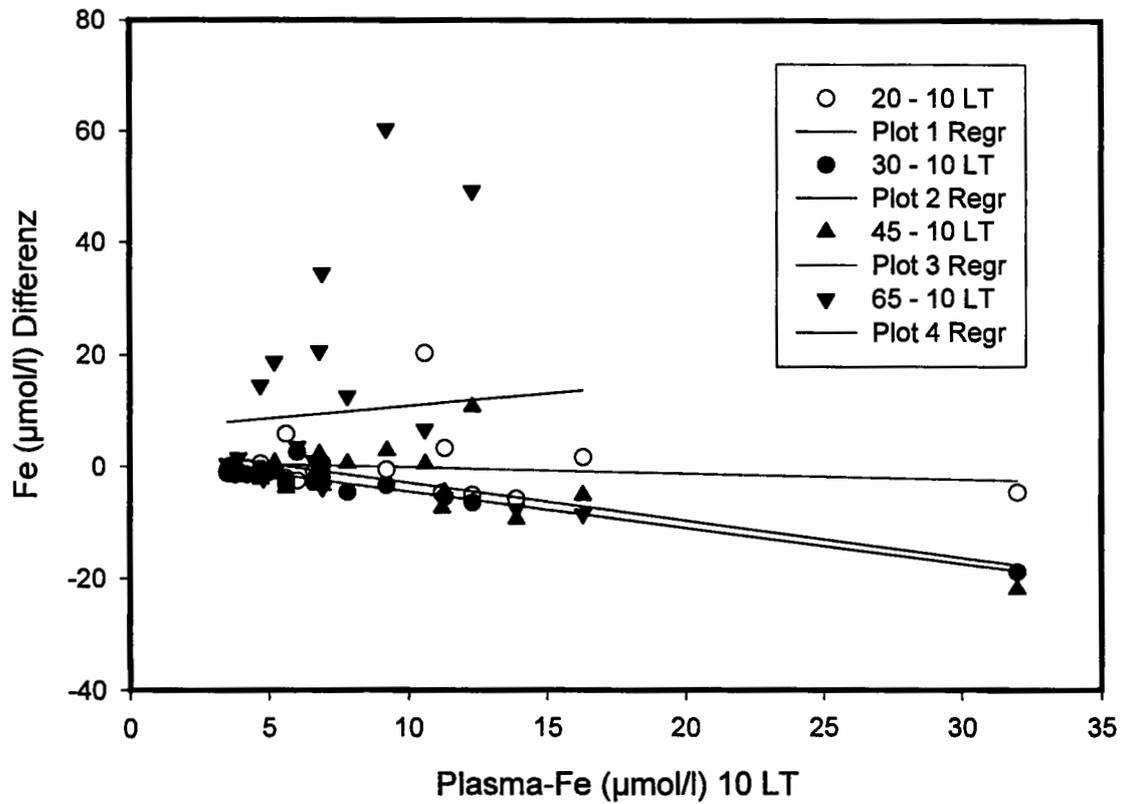


Abb. 6: Beziehung zwischen der Änderung der Plasma-Fe-Konzentration der Saugkälber (1998/1999) in spezifischen Altersbereichen und dem Ausgangswert der Plasma-Fe-Konzentration bei 10 LT, Einzelwerte und Regressionsgeraden
 Fig. 6: Correlation between the change of plasma iron concentration of calves years 1998/1999) within specific age periods and the initial value at 10 days of life, single values and regression line

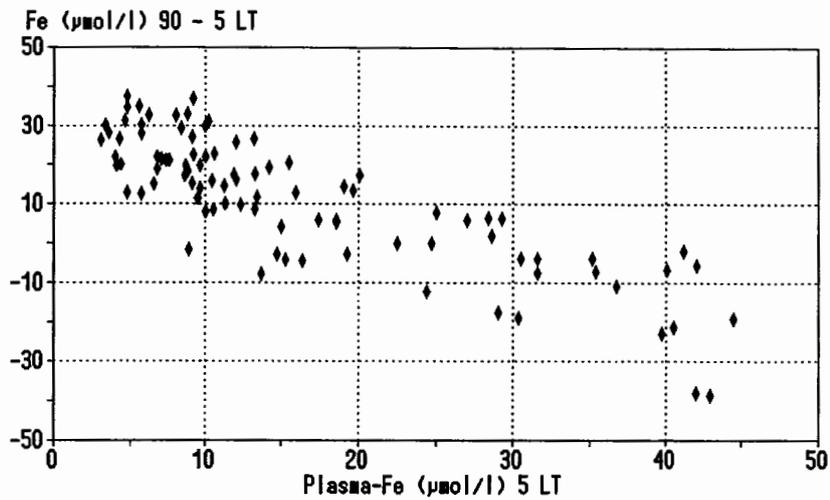


Abb 7: Beziehung zwischen der Änderung der Plasma-Fe-Konzentration der Tränkkälber (1996/1997) bei 90 LT und dem Ausgangswert bei 5 LT, Einzelwerte
 Fig. 7: Correlation between the change of plasma iron concentration of calves (years 1996/1997) by 90 days of age and the initial value at 5 days of life, single values

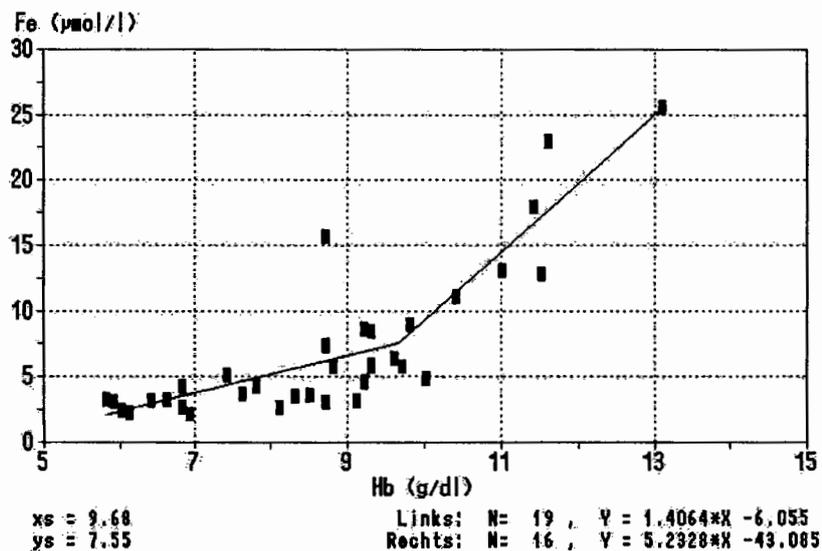


Abb. 8: Beziehung zwischen Plasma-Fe-Konzentration und Hb der Saugkälber im Alter von 30 LT, Einzelwerte und Regressionsgeraden oberhalb und unterhalb eines „Breakpoints“
 Fig. 8: Correlation between plasma iron concentration and Hb of suckler calves at 30 days of life, single values and regression line above and below a break point

Tab. 1: Korrelationen von Geburtsgewicht (KMG) und Kriterien der Wachstumsleistung von Kälbern in verschiedenen Altersperioden, TK = Tränkkälber (N = 10), SK = Saugkälber

Table 1: Correlation between birth weight and measures of growth performance at different life ages, TK = feeder-fed calves (N = 10), SK = suckler calves

	KMG	KM7	KM10	KM15	KM20	KM30	KM45	KM60
1996/97								
7	0,935*							
M7	-0,297							
d7	0,001							
15	0,832*	0,803*						
M15	-0,359	-0,279						
d15	-0,304	-0,128						
30	0,835*	0,769*		0,89*				
M30	-0,233	-0,228		0,125				
d30	-0,262	-0,223		0,186				
60	0,591*	0,606*		0,692*		0,700*		
M60	-0,076	-0,002		0,184		0,214		
d60	0,005	0,100		0,303		0,326		
90	0,811*	0,871*		0,713*		0,773*		0,855*
M90	0,557*	0,683*		0,520		0,617*		0,861*
d90	0,549	0,691*		0,556*		0,649*		0,848*
K 1998/99	(26)							
10	0,373*							
M10	-0,507*							
d10	-0,479*							
	(32)		(22)					
20	0,218		0,794*					
M20	-0,405*		0,571*					
d20	-0,408*		0,531*					
	(31)		(21)		(27)			
30	0,174		0,721*		0,862*			
M30	-0,373*		0,453*		0,692*			
d30	-0,391*		0,424*		0,672*			
	(30)		(20)		(27)	(25)		
45	-0,01		0,783*		0,747*	0,848*		
M45	-0,306		0,655*		0,681*	0,812*		
d45	-0,284		0,627*		0,781*	0,88*		
	(30)		(20)		(27)	(26)	(26)	
65	0,006		0,583*		0,679*	0,809*	0,816*	
M65	-0,239		0,471*		0,584*	0,720*	0,781*	
d65	-0,220		0,484*		0,574*	0,722*	0,839*	

Tab. 2: Korrelationen der Blutmesswerte von Saugkälbern mit Wachstumskriterien an spezifischen Alterspunkten
 Table 2: Correlations of blood values with growth criteria in suckler calves at specific age points

	Messwert	KM	DIKM	kg/d
20 LT 1993/94	Hb	(32) 0,37*	(31) 0,336*	
	Hk	(29) 0,39*		
	Kreatinin	(32) 0,35*		(31) 0,384*
	Totalprotein	(32) —		(31) 0,446*
	Harnstoff	(32) 0,354*		(31) 0,331*
60 LT	Hb	(29) 0,654*	(29) 0,694*	(29) 0,765*
	Hk	(29) 0,613*	(29) 0,657*	(29) 0,735*
	MCHC	(29) 0,484*	(29) 0,49*	(29) 0,509*
	Totalprotein	(29) 0,463*	(29) 0,447*	(29) 0,483*
	Harnstoff	(29) —	(29) —	(29) 0,318*
	Albumin	(29) —	(29) 0,378*	(29) 0,415*
90 LT	Hb	(26) 0,475*	(26) 0,519*	(26) 0,557*
	Hk	(26) 0,515*	(26) 0,557*	(26) 0,610*
	Kreatinin	(26) 0,562*	(26) 0,583*	(26) 0,573*
20 LT 1998/99	Hb	(32) 0,337*	(32) 0,414*	(32) 0,515*
	Hk	(32) 0,343*	(32) 0,437*	(32) 0,53*
	Fe		(32) 0,301*	(32) 0,332*
	Mg		(32) 0,342*	(32) 0,361*
	P		(32) 0,355*	(32) 0,357*
30 LT	Hb	(31) 0,599*	(31) 0,614*	(31) 0,627*
	Hk	(31) 0,545*	(31) 0,57*	(31) 0,588*
	Fe	(31) 0,547*	(31) 0,452*	(31) 0,463*
	Mg			(31) 0,316*
	P		(31) 0,318*	
45 LT	Hb	(30) 0,635*	(30) 0,711*	(30) 0,703*
	Hk	(30) 0,6*	(30) 0,672*	(30) 0,662*
	MCHC	(30) 0,52*	(30) 0,593*	(30) 0,619*
	Mg	(30) 0,497*	(30) 0,483*	(30) 0,548*
	P	(30) 0,439*	(30) 0,445*	(30) 0,529*
	O ₂ CONT	(30) 0,393*	(30) 0,473*	(30) 0,543*
	COHb	(30) -0,313*	(30) -0,355*	(30) -0,296
	MetHb	(30) -0,164	(30) -0,169	(30) -0,208
65LT	Hb	(30) 0,621*	(30) 0,688*	(30) 0,66*
	Hk	(30) 0,564*	(30) 0,639*	(30) 0,61*
	MCHC	(30) 0,662*	(30) 0,681*	(30) 0,66*
	Mg	(30) 0,493*	(30) 0,503*	(30) 0,519*
	P	(30) 0,41*	(30) 0,453*	(30) 0,479*
	O ₂ CONT	(30) 0,444*	(30) 0,470*	(30) 0,47*
	COHb	(30) -0,379*	(30) -0,397*	(30) -0,429*
	MetHb	(30) -0,469*	(30) -0,501*	(30) -0,529*

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

Tab 3: Korrelationen und Regressionen der Änderungen der Variablen bei 90 LT mit dem Ausgangswert bei 15 LT bzw. 20 LT und errechneter x-Wert im Falle $y = 0$

Table 3: Correlation and regression of the changes of variables by 90 days of age with the initial values at 15 days or 20 days respectively and calculated values for x in case $y = 0$

TK Hb 15 LT vs HB 90-15 LT

N 10, $r = -0,827$, $p = 0,0016$

$y = -0,9x + 9,93$

$y = 0$; $x = 11,03$

SK Hb 20 LT vs Hb 90-20 LT

N 29, $r = -0,64$, $p = 0,0001$

$y = -0,6x + 6,31$

$y = 0$; $x = 10,52$

TK Hk 15 LT vs Hk 90-15 LT

N 10, $r = -0,856$, $p = 0,0008$

$y = -1,11x + 37,72$

$y = 0$; $x = 33,98$

SK Hk 20 LT vs Hk 90-20 LT

N 26, $r = -0,633$, $p = 0,0003$

$y = -0,54x + 18,27$

$y = 0$; $x = 33,83$

TK TP 15 LT vs TP 90-15 LT

N 10, $r = -0,678$, $p = 0,0156$

$y = -0,77x + 44,05$

$y = 0$; $x = 57,21$

SK TP 20 LT vs TP 90-20 LT

N 29, $r = -0,909$, $p < 0,0001$

$y = -1,36x + 72,01$

$y = 0$; $x = 52,95$

TK Hst 15 LT vs Hst 90-15 LT

N 10, $r = -0,592$, $p = 0,0356$

$y = -0,91x + 4,81$

$y = 0$; $x = 5,29$

SK Hst 20 LT vs Hst 90-20 LT

N 29, $r = -0,746$, $p < 0,0001$

$y = -0,96x + 3,5$

$y = 0$, $x = 3,65$