

MARTIN STEINHARDT und HANS-HERMANN THIELSCHER

## **Wachstum und Entwicklungsqualität von Milchrindkälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. Physiologische Variablen und deren Änderungen in spezifischen Altersperioden**

### **Summary**

Title of the paper: **Growth and development quality of dairy calves reared in groups with an automatic milk feeder. Physiological variables and their changes at specific age periods**

On 38 dairy calves (20 male, 18 female) measurements of growth performance and of body temperature (RT) and blood sampling were made at 15, 30, 60 and 90 days of age of the calves. Blood was analysed for acid-base balance, biochemical and hematological values, minerals and hemoglobin derivatives. Effects of season (group 1: calvings from October till December; group 2: calvings from January till April) and of gender were considered. Growth performance was different between the groups at all age points. Group effects existed at 15 days (RT, Hk, MetHb, Laktat, P), at 30 days (RT, P), at 60 days (Hb, O<sub>2</sub>CAP, pH, BE, HCO<sub>3</sub>, P), at 90 days (pCO<sub>2</sub>, blood urea, Mg, Fe). Gender effects became obvious at 30 days (O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>SAT, MetHb, HHb, pCO<sub>2</sub>). Interactions of group and gender occurred at 15 days (P), at 30 days (O<sub>2</sub>CONT, pCO<sub>2</sub>), at 60 days (COHb, Mg) and at 90 days (Hb, O<sub>2</sub>CAP). Between age point mean differences could be found for acid-base status, total protein, albumin, creatinine, blood urea, glucose, Mg and for the hematological variables. In most cases between age point changes of most variables within life age periods developed with different degrees depending on development quality and on specific husbandry conditions.

**Key Words:** dairy calves, group rearing, growth, development quality, physiological variables

### **Zusammenfassung**

An 38 Milchrindkälbern (20 m, 18 w) wurden im Alter von 15, 30, 60 und 90 LT Messungen der Körpertemperatur (RT) und Blutuntersuchungen vorgenommen (Säure-Basen-Status, biochemische Blutwerte, Mineralstoffe, hämatologische Meßwerte, Hämoglobinderivate). Einflüsse von Jahreszeit (Gruppe 1: Geburten Oktober bis Dezember; Gruppe 2: Geburten Januar bis April) und des Geschlechtes wurden berücksichtigt. Die Wachstumsleistung war an allen Alterspunkten zwischen den Gruppen unterschiedlich. Ein Gruppeneffekt konnte bei 15 LT (RT, Hk, MetHb, Laktat, P), bei 30 LT (RT und P), bei 60 LT (Hb, O<sub>2</sub>CAP, pH, BE, HCO<sub>3</sub>, P) und bei 90 LT (pCO<sub>2</sub>, Harnstoff, Mg, Fe) und ein Einfluß des Geschlechtes konnte bei 30 LT (O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>SAT, MetHb, HHb, pCO<sub>2</sub>) nachgewiesen werden. Interaktionen von Gruppe und Geschlecht traten bei 15 LT (P), 30 LT (O<sub>2</sub>CONT, pCO<sub>2</sub>), bei 60 LT (COHb, Mg), bei 90 LT (Hb, O<sub>2</sub>CAP) auf. Auffällige Änderungen zwischen den Alterspunkten waren für den Säure-Basen-Status, für Totalprotein, Albumin, Kreatinin, Harnstoff, Glukose, Mg und für die hämatologischen Variablen festzustellen. Für die Änderungen der Variablen in den Altersbereichen ließen sich in den meisten Fällen enge negative Korrelationen mit dem Ausgangswert bei 15 LT nachweisen. Gerichtete Änderungen vieler physiologischer Variablen erfolgten in den Altersperioden in unterschiedlichem Grade in Abhängigkeit von der Entwicklungsqualität und von den spezifischen Aufzuchtbedingungen.

**Schlüsselwörter:** Milchrindkälber, Gruppenhaltung, Wachstum, Entwicklungsqualität, physiologische Variablen

## 1. Einleitung

Die Aufzucht von Kälbern wird hinsichtlich der Ernährung in drei Hauptvarianten (Ernährung mit Vollmilch, mit Milchaustauscher bei Angebot von Heu und Konzentraten und mit Muttermilch bei Saugkälbern in Mutterkuhhaltungen) vorgenommen, wobei die Raum- und Nahrungsverfügbarkeit sowie soziale Beziehungen und die Bewegungsmöglichkeit der Tiere größere Variationsbereiche haben können. Tierschützere Interessen der Kälberhaltung beziehen sich vorrangig auf die Bewegungsmöglichkeit der Tiere und favorisieren eine Gruppenhaltung. Physiologische Variablen wie ein Hämoglobingehalt des Blutes von 6 mmol/l (9,7 g/dl) werden als ein Kriterium tiergerechter Haltung gesehen (v. BORELL, 1998).

Für die Festlegung von Grenzwerten physiologischer Variablen in Verbindung mit tiergerechten Haltungsbedingungen und für einen Vergleich von Haltungsvarianten ist es von Interesse, welche auf das Lebensalter und die Entwicklungsqualität bezogenen Anpassungsvorgänge bei den Kälbern vorkommen können und wie diese durch Haltungsvarianten beeinflusst werden.

Verfolgsuntersuchungen an Kälbern unterschiedlichen genetischen Materials während der ersten Lebenswochen sind an kleinen Tiergruppen vorgenommen (ABOUZITE et al., 1997; BOSTEDT und SCHRAMMEL, 1982; GREATORREX, 1954; GUSTIN et al., 1997; MIYATA et al., 1984; OLTNER und BERGLUND, 1982; SCHLERKA, 1998; TENNANT et al., 1974), mittlere Änderungen von Variablen nachgewiesen und Einflüsse des genetischen Materials sowie von Haltungsvarianten aufgezeigt worden (REECE und HOTCHKISS, 1987). In einem Untersuchungsansatz, bei dem die Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung mit einem Alter der Kälber von 14 Tagen begonnen wurde, sind Kälber im Beginn und am Ende der Gruppenaufzucht untersucht worden (STEINHARDT et al., 1997). Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf eine Gruppenaufzucht, bei der die Tiere seit dem 1. Lebenstag mit Tränkeautomatenfütterung gehalten worden sind. Die Fragen sind: (1) Welche Wachstumsleistung und Entwicklungsqualität erreichen Kälber in einer Gruppenhaltung bei frühzeitiger Tränkeautomatenfütterung und bei wechselnder Zusammensetzung der Gruppe? (2) In welchen Altersbereichen der Kälber erfolgen auffällige Änderungen welcher physiologischer Variablen? (3) Lassen sich Beziehungen zwischen Wachstumsleistung und anderen physiologischen Variablen nachweisen? (4) Läßt sich eine Individualspezifität physiologischer Variablen und deren Änderung während dieser Entwicklungsperiode nachweisen?

## 2. Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an 38 Kälbern (20 männlich, 18 weiblich) der Milchrinderherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian) von Oktober 1996 bis April 1997 zwischen 7.30 Uhr und 9.30 Uhr von denselben Personen vorgenommen. Die Kälber wurden am ersten Lebenstag in eine Gruppenbox (3 m x 17 m) gebracht, die kontinuierlich bis zu einer Gruppengröße um 20 Tiere aufgefüllt wurde. Ältere Kälber kamen in eine benachbarte Box gleicher Größe, in welcher ebenfalls eine Automatenfütterung

angewandt wurde. Die Zusammensetzung der Kälbergruppen änderte sich beständig je nach den Geburtsfrequenzen während der Kalbeperiode. Die Kälber erhielten gepoolte Kolostralmilch (2 l pro Tag für 2 Tage), dann bis 7 Tage Milch mit ansteigenden Anteilen Milchaustauscher ab dem 3. Tag (Färsenstart S von Denkavit Futtermittel GmbH, 125 g pro Liter Wasser, Tränkeautomat Fa. Förster) nach dem Tränkeschema 6 l bis 8 l ansteigend, 8 l anhaltend und dann kontinuierliche Abnahme des Anteils der Flüssignahrung. 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. Pelletiertes Kraftfutter konnte über einen Automaten ansteigend bis maximal 3 kg pro Tag abgerufen werden. Gleichzeitig wurden Heu und Silage angeboten, und es bestand ständig die Möglichkeit der Wasseraufnahme aus Selbsttränken und der Kochsalzaufnahme an Lecksteinen.

Im Alter von 15, 30, 60 und 90 Lebenstagen (LT) wurden Körpermasse (KM) und Rektaltemperatur festgestellt und Blutuntersuchungen an den Tieren vorgenommen, wobei diese für kurze Zeit innerhalb der Stallbox fixiert werden mußten. 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 Totalprotein-, Albumin-, Laktat-, Harnstoff-, Kreatinin-, Glukosekonzentration sowie auch 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 wurden außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical Instruments AG, mit welchem neben Meßgrößen des Säure-Basen-Status, die Hämoglobinkonzentration (Hb), Sauerstoffsättigung ( $O_2SAT$ ), Sauerstoffkapazität ( $O_2CAP$ ) und der Sauerstoffgehalt ( $O_2CONT$ ), die Hämoglobinderivate Oxyhämoglobin ( $O_2Hb$ ), Desoxyhämoglobin (HHb), Carboxyhämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können, untersucht. Hk wurde mit der Mikrohämatokritmethode bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit dem Paket PC-Statistik von Topsoft Hannover und mit Sigma Stat von Jandel Scientific Software bearbeitet. Berücksichtigt wurden (1) der Einfluß der Jahreszeit bzw. der Dauer der Nutzung der Aufzuchtanlage (Gruppe 1: Geburten Oktober bis Dezember), Gruppe 2: Geburten Januar bis April) (2) das Geschlecht des Tieres (3) der Einfluß der Bedingungen an den Untersuchungspunkten. Mit Two way Analysis of Variance wurde an den Meßpunkten der Einfluß von Gruppe und Geschlecht und mit One Way Repeated Measures Analysis of Variance derjenige der Bedingungen an den Untersuchungspunkten geprüft. Wenn Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen nicht gegeben waren, wurde die Friedman Repeated Measures ANOVA on Ranks angewendet. Im Falle von Gruppen- oder Meßpunktunterschieden wurde mit Hilfe multipler Vergleichsverfahren (Bonferroni t-Test, Student - Newman-Keuls-Methode) geprüft, welche Mittelwerte unterschiedlich sind. Mittelwertprüfungen zweier Gruppen wurden mit dem t-Test und dem Wilcoxon-Test vorgenommen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten

sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und im allgemeinen mit 5 % angenommen worden.

### 3. Ergebnisse

#### Körpermasse, Wachstum

Die mittlere Geburtssmasse (KMG) der Kälber unterschied sich zwischen den Gruppen 1 und 2 signifikant (48,5 gegenüber 45,2 kg). Ein sicherer Einfluß des Geschlechtes und eine Interaktion von Gruppe und Geschlecht auf die KMG konnten nicht nachgewiesen werden. Zwischen KMG und KM bei 15, 30, 60 und 90 LT bestanden sichere Korrelationen in beiden Gruppen, die bei höherem Alter schwächer waren (Tab. 2). Für KM, DIKM und WR (kg/d) konnte in den Altersbereichen 30, 60 und 90 LT ein signifikanter Einfluß der Gruppe nachgewiesen werden (Tab. 1), eine Interaktion von Gruppe und Geschlecht dagegen nicht. Bei 15 LT bestand der Einfluß der Gruppe nur an der KM. Die Wachstumsraten wurden mit dem Alter der Kälber größer, und die Mittelwerte unterschieden sich zwischen allen Altersbereichen signifikant.

Tabelle 1

Körpermasse (KM), zugebildete KM (DIKM) und Wachstumsrate (WR) (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkalbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht (Body weight and growth rate (MW  $\pm$  SD, min, max) of 38 dairy calves at specific age points during the rearing period)

|      | 15 LT |         | 30 LT |         | 60 LT |         | 90 LT  |          |
|------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|--------|----------|
|      | G1    | G2      | G1    | G2      | G1    | G2      | G1     | G2       |
| KM   | 54,22 | 49,44** | 66,87 | 57,60** | 96,34 | 81,39** | 130,38 | 117,98** |
|      | 5,86  | 5,31    | 7,11  | 6,09    | 12,12 | 10,96   | 12,34  | 13,48    |
|      | 45,0  | 38,0    | 56,0  | 47,0    | 78,5  | 63,1    | 105,5  | 89,5     |
|      | 65,5  | 60,0    | 83,5  | 69,5    | 121,2 | 102,0   | 155,0  | 142,2    |
| DIKM | 5,74  | 5,07    | 18,82 | 13,23** | 48,40 | 36,46** | 82,82  | 73,62**  |
|      | 4,14  | 1,98    | 4,73  | 3,14    | 7,33  | 6,63    | 9,84   | 11,45    |
|      | -2,0  | 0,5     | 9,0   | 8,9     | 36,2  | 22,7    | 58,5   | 52,5     |
|      | 14,2  | 9,0     | 26,0  | 19,0    | 60,0  | 49,0    | 98,0   | 89,2     |
| kg/d | 0,37  | 0,33    | 0,60  | 0,44**  | 0,78  | 0,60**  | 0,91   | 0,82*    |
|      | 0,27  | 0,13    | 0,15  | 0,10    | 0,11  | 0,11    | 0,10   | 0,13     |
|      | -0,14 | 0,03    | 0,32  | 0,29    | 0,60  | 0,38    | 0,64   | 0,57     |
|      | 0,95  | 0,53    | 0,90  | 0,61    | 0,94  | 0,82    | 1,05   | 0,98     |

\*p < 0,05, \*\* p < 0,01, Mittelwerte zwischen G1 und G2 signifikant verschieden

Die KM bei 15, 30 und 60 LT hatte einen hoch signifikanten Einfluß auf die Wachstumsleistung der folgenden Altersperioden, der bei Kälbern der Gruppe 1 deutlicher hervortrat als bei Kälbern der Gruppe 2 (Tab. 2).

#### Körpertemperatur

Die mittlere Rektaltemperatur (RT) wies keine signifikanten Änderungen zwischen den Altersbereichen der Kälber auf. Gruppenunterschiede waren bei 15 und 30 LT nachzuweisen. Zu bemerken ist die große interindividuelle Variation der RT.

Tabelle 2

Korrelationen von Geburtsgewicht (KMG) und Kriterien der Wachstumsleistung bei 15, 30, 60 und 90 LT  
(Correlation between birth weight and measures of growth performance at 15, 30, 60 and 90 days of age)

|          | KMG      |          | 15 LT    |          | 30 LT    |          | 60 LT    |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | G1       | G2       | G1       | G2       | G1       | G2       | G1       | G2       |
| KM15LT   | 0,7299** | 0,7879** |          |          |          |          |          |          |
| DIKM15LT | 0,2108   | 0,0166   |          |          |          |          |          |          |
| kg/d15LT | 0,2534   | 0,0572   |          |          |          |          |          |          |
| KM30LT   | 0,6660** | 0,6752** | 0,9299** | 0,9239** |          |          |          |          |
| DIKM30LT | 0,2647   | -0,0128  | 0,7796** | 0,3108   |          |          |          |          |
| kg/d30LT | 0,3008   | 0,0346   | 0,7897** | 0,3566   |          |          |          |          |
| KM60LT   | 0,5484** | 0,5065*  | 0,8239** | 0,8526** | 0,9368** | 0,8965** |          |          |
| DIKM60LT | 0,2307   | 0,0826   | 0,6713** | 0,4918*  | 0,7659** | 0,6061** |          |          |
| kg/d60LT | 0,2899   | 0,0372   | 0,7384** | 0,4138*  | 0,8018** | 0,5339** |          |          |
| KM90LT   | 0,5999** | 0,3944*  | 0,7602** | 0,7019** | 0,8306** | 0,7656** | 0,8518** | 0,8642** |
| DIKM90LT | 0,3873   | 0,1016   | 0,6386** | 0,4200*  | 0,6855** | 0,5256*  | 0,7442** | 0,7006** |
| kg/d90LT | 0,3895   | 0,0834   | 0,6760** | 0,3988*  | 0,7179** | 0,4999*  | 0,7691** | 0,6836** |

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

Tabelle 3

Säure-Basen-Status (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkälbern während der Aufzucht (Acid-base balance  
(M  $\pm$  SD, min, max) in 38 dairy calves during the rearing period)

|                              | 15 LT  | 30 LT  | 60 LT  | 90 LT  |
|------------------------------|--|--|--|--|
| pH                           | 7,351 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,038<br>(7,253-7,421) | 7,343 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,032<br>(7,254-7,408) | 7,329 <sup>b</sup><br>$\pm$ 0,029<br>(7,267-7,370) | 7,353 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,029<br>(7,291-7,406) |
| pCO <sub>2</sub><br>(mmHg)   | 59,1 <sup>a</sup><br>$\pm$ 5,5<br>(48,8-74,3)      | 57,2 <sup>b</sup><br>$\pm$ 4,4<br>(45,5-66,4)      | 56,5 <sup>b</sup><br>$\pm$ 4,0<br>(47,3-65,5)      | 53,7 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 3,9<br>(44,8-61,6)    |
| pO <sub>2</sub><br>(mmHg)    | 42,4 <sup>a</sup><br>$\pm$ 5,9<br>(33,4-68,0)      | 45,0 <sup>a,d</sup><br>$\pm$ 9,6<br>(32,5-80,6)    | 46,4 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 5,1<br>(37,5-58,1)    | 50,1 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 4,8<br>(40,9-59,4)    |
| BE<br>(mmol/l)               | 6,5 <sup>a</sup><br>$\pm$ 2,8<br>(-1,4-13,0)       | 5,0 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 1,8<br>(1,5-9,3)       | 3,5 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 2,1<br>(-1,2-9,3)      | 4,1 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 2,0<br>(-0,7-8,2)      |
| HCO <sub>3</sub><br>(mmol/l) | 31,0 <sup>a</sup><br>$\pm$ 2,7<br>(23,2-37,7)      | 29,5 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 1,7<br>(26,1-33,8)    | 28,2 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 2,0<br>(23,9-34,2)    | 28,4 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 2,0<br>(24,4-32,7)    |

a,b,c,d Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

### Säure-Basen-Status

Auffallend sind höhere Werte von  $pCO_2$ , BE und  $HCO_3$  und niedrigere Werte von  $pO_2$  bei den Kälbern im Alter von 15 und 30 LT gegenüber jenen im Alter von 60 und 90 LT (Tab. 3 und 8). Beständige Verringerungen der Mittelwerte mit zunehmendem Alter der Tiere sind bei  $pCO_2$  und beständige Vergrößerungen derselben bei  $pO_2$  zu beobachten (Tab. 3). Signifikante Gruppenunterschiede traten für pH, BE und  $HCO_3$  bei 60 LT und für  $pCO_2$  bei 30 LT und 90 LT auf. Eine Interaktion von Gruppe und Geschlecht ließ sich für  $pCO_2$  bei 30 LT nachweisen.

### Biochemische Blutwerte

Die mittleren Konzentrationen von Totalprotein, Albumin und Harnstoff sind größer und diejenigen von Glukose kleiner bei den Kälbern im Alter von 60 und 90 LT (Tab. 4 und 8). Beständige Zunahmen der Mittelwerte sind insbesondere an der Totalprotein- und Albuminkonzentration, kontinuierliche Abnahmen an der Kreatininkonzentration zu beobachten. Die mittlere Laktatkonzentration des Blutes der Kälber war zwischen den Altersbereichen nicht signifikant verändert. Einflüsse der Gruppe bestanden für Laktat bei 15 LT und für Harnstoff bei 90 LT.

Tabelle 4

Biochemische Blutwerte (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkälbern während der Aufzucht (Biochemical blood values (MW  $\pm$  SD, min, max) in 38 dairy calves during the rearing period)

|                             | 15 LT   | 30 LT   | 60 LT   | 90 LT   |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| Totalprotein<br>(g/l)       | 46,7 <sup>a</sup><br>$\pm$ 7,5<br>(29,8-64,5)   | 47,6 <sup>a</sup><br>$\pm$ 6,5<br>(33,6-61,1)   | 50,8 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 6,9<br>(37,2-66,1) | 57,4 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 4,3<br>(44,7-69,8) |
| Albumin<br>(g/l)            | 27,9 <sup>a</sup><br>$\pm$ 4,0<br>(19,2-34,2)   | 29,4 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 3,1<br>(22,6-36,4) | 29,9 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 3,9<br>(20,6-37,2) | 32,1 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 3,2<br>(25,4-37,1) |
| Kreatinin<br>( $\mu$ mol/l) | 99,8 <sup>a</sup><br>$\pm$ 16,2<br>(67,9-147,9) | 83,4 <sup>b</sup><br>$\pm$ 9,8<br>(72,4-109,0)  | 72,9 <sup>c</sup><br>$\pm$ 5,5<br>(61,0-82,4)   | 66,8 <sup>d</sup><br>$\pm$ 6,2<br>(58,0-83,1)   |
| Harnstoff<br>(mmol/l)       | 3,2 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,7<br>(2,3-5,0)      | 3,1 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,8<br>(1,3-4,7)      | 3,7 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 0,8<br>(1,7-5,3)    | 4,7 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 1,1<br>(2,7-7,8)    |
| Glukose<br>(mmol/l)         | 4,4 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,6<br>(3,1-5,9)      | 4,3 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,9<br>(3,2-6,8)      | 3,9 <sup>b</sup><br>$\pm$ 0,8<br>(3,0-7,5)      | 3,5 <sup>b</sup><br>$\pm$ 0,4<br>(2,6-4,3)      |
| Laktat<br>(mmol/l)          | 0,8<br>$\pm$ 0,6<br>(0,3-2,9)                   | 0,9<br>$\pm$ 0,8<br>(0,2-3,3)                   | 0,9<br>$\pm$ 0,6<br>(0,3-2,7)                   | 1,0<br>$\pm$ 1,2<br>(0,4-7,3)                   |

a,b,c,d Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

### Mineralstoffe

Die mittlere Mg-Konzentration des Blutes erreichte bei 30 LT kleinste Werte und wurde bei 60 LT und 90 LT wieder vergrößert (Tab. 5 und 8). Die mittlere Fe-, P- und



Ca-Konzentration waren zwischen den Altersbereichen nicht signifikant verschieden. Ein Einfluß der Gruppe ließ sich für P bei 15, 30, 60 LT, für Mg und Fe bei 90 LT nachweisen. Eine Interaktion von Gruppe und Geschlecht bestand für P bei 15 LT und für Mg bei 60 LT.

Tabelle 5

Mineralstoffe des Blutes (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkälbern während der Aufzucht (Mineral concentration of blood (MW  $\pm$  SD, min, max) in 38 dairy calves during the rearing period)

|                      | 15 LT   | 30 LT  | 60 LT  | 90 LT   |
|----------------------|---|--|--|---|
| Ca<br>(mmol/l)       | 2,8<br>$\pm$ 0,1<br>(2,5-3,2)                 | 2,8<br>$\pm$ 0,1<br>(2,5-3,0)                  | 2,8<br>$\pm$ 0,1<br>(2,6-3,1)                    | 2,8<br>$\pm$ 0,1<br>(2,6-3,0)                   |
| Mg<br>(mmol/l)       | 0,81 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,07<br>(0,64-1,0) | 0,79 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,06<br>(0,67-0,89) | 0,83 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 0,06<br>(0,67-0,93) | 0,86 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 0,1<br>(0,67-1,05) |
| P<br>(mmol/l)        | 2,6<br>$\pm$ 0,3<br>(1,9-3,0)                 | 2,6<br>$\pm$ 0,3<br>(2,0-3,1)                  | 2,7<br>$\pm$ 0,2<br>(2,3-3,2)                    | 2,6<br>$\pm$ 0,3<br>(2,1-3,1)                   |
| Fe<br>( $\mu$ mol/l) | 19,4<br>$\pm$ 12,5<br>(3,4-44,4)              | 22,3<br>$\pm$ 9,7<br>(5,4-46,1)                | 27,0<br>$\pm$ 8,8<br>(12,5-51,2)                 | 26,2<br>$\pm$ 9,9<br>(4,0-45,9)                 |

a,b,c,d Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

Tabelle 6

Hämatologische Variablen und Sauerstoffgehalt des Blutes (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkälbern während der Aufzucht (Hematological variables and oxygen content of blood (MW  $\pm$  SD, min, max) in 38 dairy calves during the rearing period)

|                                 | 15 LT   | 30 LT  | 60 LT   | 90 LT   |
|---------------------------------|---|--|---|---|
| Hb<br>(g/dl)                    | 10,2 <sup>a</sup><br>$\pm$ 1,5<br>(7,0-13,3)  | 9,7 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 1,2<br>(7,3-12,1)  | 10,6 <sup>a</sup><br>$\pm$ 0,8<br>(8,0-12,5)  | 10,9 <sup>c</sup><br>$\pm$ 0,7<br>(9,5-12,6)    |
| Hk<br>(%)                       | 33,4<br>$\pm$ 5,0<br>(23-45)                  | 32,5<br>$\pm$ 4,0<br>(24-40)                   | 33,7<br>$\pm$ 2,5<br>(27-40)                  | 34,3<br>$\pm$ 2,2<br>(31-40)                    |
| MCHC<br>(%)                     | 30,5 <sup>a</sup><br>$\pm$ 1,4<br>(29,0-37,6) | 29,9 <sup>a</sup><br>$\pm$ 2,0<br>(22,2-32,4)  | 31,6 <sup>b</sup><br>$\pm$ 1,1<br>(28,6-35,2) | 31,8 <sup>b</sup><br>$\pm$ 0,8<br>(30,3-33,2)   |
| O <sub>2</sub> CONT<br>(mmol/l) | 6,0 <sup>a</sup><br>$\pm$ 2,0<br>(1,8-13,0)   | 6,0 <sup>a</sup><br>$\pm$ 1,8<br>(3,1-12,1)    | 6,8 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 1,5<br>(3,4-10,1) | 8,1 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 1,7<br>(3,7-11,3)   |
| O <sub>2</sub> CAP<br>(mmol/l)  | 13,8 <sup>a</sup><br>$\pm$ 2,1<br>(9,4-18,1)  | 13,1 <sup>b,d</sup><br>$\pm$ 1,6<br>(9,9-16,2) | 14,4 <sup>a</sup><br>$\pm$ 1,2<br>(10,9-16,9) | 14,8 <sup>b,c</sup><br>$\pm$ 0,9<br>(12,9-17,1) |

a,b,c,d Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

### Hämatologische Variablen

Sichere Mittelwertunterschiede zwischen den Altersbereichen der Kälber waren bei Hb, MCHC, O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>CAP (Tab. 6 und 8) sowie bei O<sub>2</sub>SAT, HHb und MetHb

Tabelle 7

Hämoglobinvarianten und -derivate (MW  $\pm$  SD, Min, Max) von 38 Milchrindkälbern während der Aufzucht  
(Hemoglobin variants and derivatives (MW  $\pm$  SD, min, max) in 38 dairy calves during the rearing period)

|                    | 15 LT                     | 30 LT                     | 60 LT                     | 90 LT                     |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| O <sub>2</sub> SAT | 42,7 <sup>a</sup>         | 44,6 <sup>a</sup>         | 46,2 <sup>a</sup>         | 53,6 <sup>b</sup>         |
| (%)                | $\pm 12,2$<br>(14,5-82,8) | $\pm 13,9$<br>(22,6-88,1) | $\pm 9,8$<br>(30,0-62,9)  | $\pm 11,5$<br>(24,8-71,8) |
| HHb                | 55,0 <sup>a</sup>         | 52,8 <sup>a</sup>         | 51,1 <sup>a</sup>         | 43,6 <sup>b</sup>         |
| (%)                | $\pm 12,7$<br>(14,0-84,4) | $\pm 14,4$<br>(8,5-75,8)  | $\pm 10,1$<br>(34,1-68,5) | $\pm 11,7$<br>(25,3-73,0) |
| COHb               | 1,9                       | 2,0                       | 2,0                       | 2,0                       |
| (%)                | $\pm 0,5$<br>(0,8-2,7)    | $\pm 0,4$<br>(1,1-2,7)    | $\pm 0,4$<br>(0,9-2,9)    | $\pm 0,3$<br>(1,6-3,5)    |
| MetHb              | 0,3 <sup>a</sup>          | 0,4 <sup>b</sup>          | 0,5 <sup>c</sup>          | 0,6 <sup>d</sup>          |
| (%)                | $\pm 0,2$<br>(0,0-0,9)    | $\pm 0,2$<br>(0,1-1,0)    | $\pm 0,1$<br>(0,3-0,7)    | $\pm 0,2$<br>(0,3-1,1)    |

a,b,c,d Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden

(Tab. 7 und 8) festzustellen. Hb erreichte kleinste Werte bei 30 LT und wurde ab 60 LT vergrößert. MCHC, O<sub>2</sub>CONT und O<sub>2</sub>CAP waren im Mittel bei 60 und 90 LT größer als bei 15 und 30 LT. Bemerkenswert ist die erhebliche Verringerung der Streuung dieser Variablen insbesondere bei den Tieren im Alter um 60 und 90 LT. Die mittleren Anteile von O<sub>2</sub>SAT und MetHb wurden kontinuierlich vergrößert (Tab. 7), diejenigen von HHb wurden mit dem Alter der Tiere verringert, signifikant waren die Mittelwertunterschiede im Falle von MetHb zwischen allen Altersbereichen (Tab. 8). Ein Einfluß der Gruppe konnte für Hk und MetHb bei 15 LT und für Hb und O<sub>2</sub>CAP bei 60 LT, ein solcher des Geschlechtes für O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>SAT, HHb und MetHb bei 30 LT und für MCHC bei 90 LT festgestellt werden. Eine Interaktion von Gruppe und Geschlecht war für O<sub>2</sub>CONT bei 30 LT, für COHb bei 60 LT und für Hb sowie O<sub>2</sub>CAP bei 90 LT nachweisbar.

### Individualspezifität der Änderung der Variablen von Kälbern während der Aufzucht

Die Änderungen der Variablen zwischen den Untersuchungen bei 30 LT, 60 LT und 90 LT bezogen auf die Situation bei 15 LT weisen in den meisten Fällen hochsignifikante Korrelationen auf (Abb. 1 und 2). Diese werden hier nicht gänzlich angeführt. Bezogen auf den Zustand der Kälber im Alter von 15 LT treten in der folgenden Zeit bei einem Teil der Tiere gerichtete Änderungen physiologischer Variablen ein, deren Grad in den hier untersuchten Altersbereichen unterschiedlich ist. Die Konzentration von Kreatinin wird bei allen Tieren in dieser Altersperiode prinzipiell verringert (Abb. 2), diejenige der übrigen Variablen weist Zunahmen und auch Abnahmen bei einem Anteil der Tiere auf. Wie an den Regressionen zu erkennen ist, gehen diese Änderungen in bestimmten Altersbereichen stärker von statten als in anderen. Bei einem weiteren Teil der Kälber sind solche Änderungen physiologischer Variablen nicht oder nur in ganz geringem Grade festzustellen. Die linearen Regressionen gehen bei  $Y = 0$  insbesondere bei Kälbern in den Altersbereichen um 60 LT und 90 LT durch Wertebereiche der X-Achse,



die den Referenzbereichen dieser physiologischen Variablen nahekomen.

Tabelle 8

Übersicht zu den Mittelwertunterschieden physiologischer Variablen von 38 Milchrindkälbern zwischen den Alterspunkten 15, 30, 60 und 90 LT (Summary of between age point mean value differences of physiological variables in 38 dairy calves)

| RT                      | pH             | pCO <sub>2</sub> | pO <sub>2</sub>          | BE                      | HCO <sub>3</sub> |
|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------|
|                         | 15 vs 60       | 15 vs 90         | 30 vs 15                 | 15 vs 30                | 15 vs 30         |
|                         | 60 vs 90       | 30 vs 90         | 60 vs 15                 | 15 vs 60                | 15 vs 60         |
|                         |                |                  | 60 vs 30                 | 15 vs 90                | 15 vs 90         |
|                         |                |                  | 90 vs 15                 | 30 vs 60                | 30 vs 60         |
|                         |                |                  | 90 vs 30                 | 30 vs 90                | 30 vs 90         |
|                         |                |                  | 90 vs 60                 | 90 vs 60                |                  |
| <b>Totalprotein</b>     | <b>Albumin</b> | <b>Kreatinin</b> | <b>Harnstoff</b>         | <b>Glukose</b>          | <b>Laktat</b>    |
| 60 vs 15                | 30 vs 15       | 15 vs 30         | 60 vs 15                 | 15 vs 30                |                  |
| 60 vs 30                | 60 vs 15       | 15 vs 60         | 60 vs 30                 | 15 vs 60                |                  |
| 90 vs 15                | 90 vs 15       | 15 vs 90         | 90 vs 15                 | 15 vs 90                |                  |
| 90 vs 30                | 90 vs 30       | 30 vs 60         | 90 vs 30                 | 30 vs 60                |                  |
| 90 vs 60                | 90 vs 60       | 30 vs 90         | 90 vs 60                 | 30 vs 90                |                  |
|                         |                | 60 vs 90         |                          | 60 vs 90                |                  |
| <b>Ca</b>               | <b>Mg</b>      | <b>P</b>         | <b>Fe</b>                |                         |                  |
|                         | 15 vs 30       |                  |                          |                         |                  |
|                         | 60 vs 30       |                  |                          |                         |                  |
|                         | 90 vs 15       |                  |                          |                         |                  |
|                         | 90 vs 30       |                  |                          |                         |                  |
|                         | 90 vs 60       |                  |                          |                         |                  |
| <b>Hb</b>               | <b>Hk</b>      | <b>MCHC</b>      | <b>O<sub>2</sub>CONT</b> | <b>O<sub>2</sub>CAP</b> |                  |
| 15 vs 30                |                | 60 vs 15         | 60 vs 15                 | 15 vs 30                |                  |
| 60 vs 30                |                | 60 vs 30         | 60 vs 30                 | 60 vs 30                |                  |
| 90 vs 15                |                | 90 vs 15         | 90 vs 15                 | 90 vs 15                |                  |
| 90 vs 30                |                | 90 vs 30         | 90 vs 30                 | 90 vs 30                |                  |
| 90 vs 60                |                | 90 vs 60         | 90 vs 60                 |                         |                  |
| <b>O<sub>2</sub>SAT</b> | <b>HHb</b>     | <b>COHb</b>      | <b>MetHb</b>             |                         |                  |
| 90 vs 15                | 15 vs 90       |                  | 30 vs 15                 |                         |                  |
| 90 vs 30                | 30 vs 90       |                  | 60 vs 15                 |                         |                  |
| 90 vs 60                | 60 vs 90       |                  | 60 vs 30                 |                         |                  |
|                         |                |                  | 90 vs 15                 |                         |                  |
|                         |                |                  | 90 vs 30                 |                         |                  |
|                         |                |                  | 90 vs 60                 |                         |                  |

#### 4. Diskussion

Zunehmende Variationen der KM und abnehmende Variationen hämatologischer Meßgrößen, der Gasgehalte sowie der Körpertemperatur zwischen 30 und 60 LT weisen auf die differenzierte Wechselwirkung zwischen genetischen und Umweltfaktoren in dieser frühen Entwicklungsperiode der Kälber hin. Der Einfluß des Geburtsgewichtes (KMG) läßt sich, wenn auch in abnehmendem Grade, bis zum Alter der Kälber von 90 LT nachweisen (Tab. 2). Unterschiede der Wachstumsleistung zwischen den Tiergruppen, die in verschiedenen Jahreszeiten in demselben Haltungssystem aufgezogen worden sind, können in diesem Sinne bewertet werden. Für physiologische Variablen

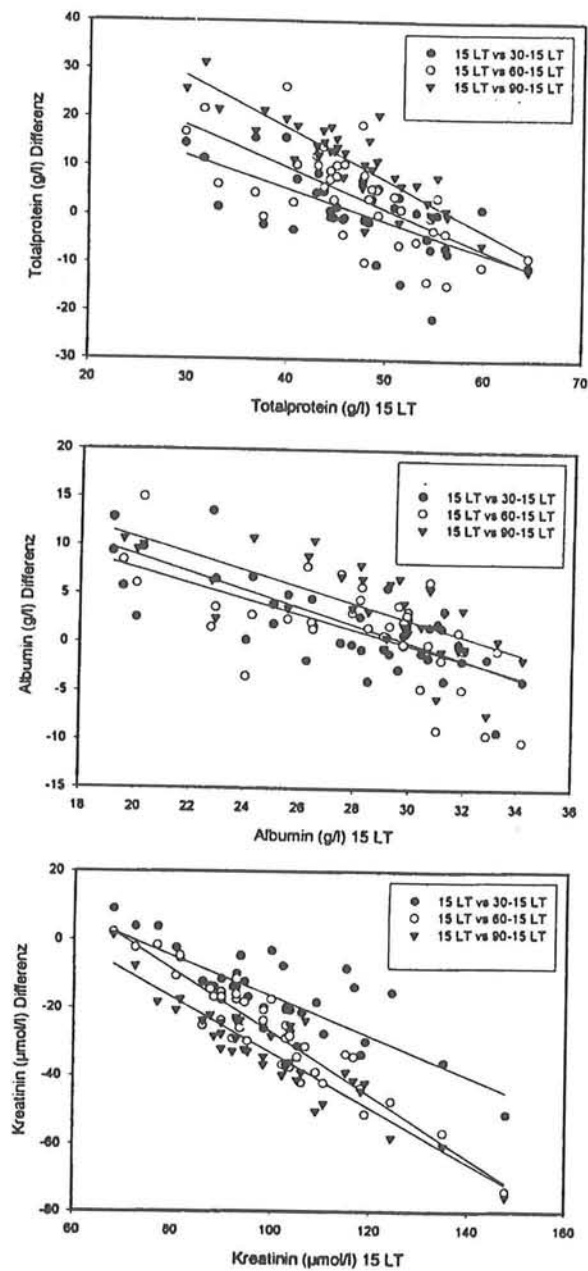


Abb. 1: Änderungen der Konzentrationen von Totalprotein (oberer Teil), von Albumin (mittlerer Teil) und von Kreatinin (unterer Teil) des Blutes bei 38 Milchrindkälbern in spezifischen Altersperioden in Beziehung zu den Ausgangswerten bei 15 LT, Einzelwerte und Regressionsgraden (Changes of concentrations of total protein (upper part), of albumin (middle part), and of creatinine (lower part) in 38 dairy calves at specific age periods in relationship with the starting values at 15 days of age, single values and first degree regression line)

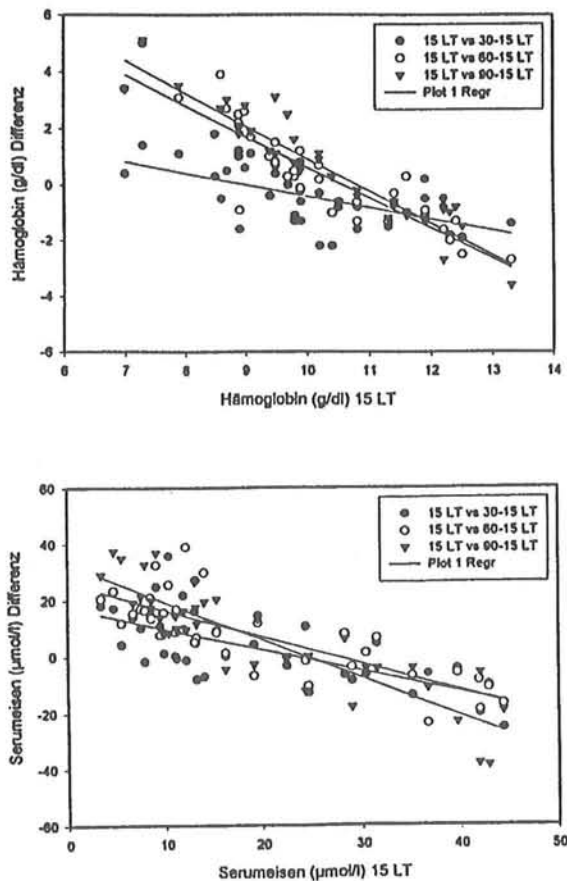


Abb. 2: Änderungen der Hämoglobinkonzentration des Blutes (oberer Teil) und von Serumeisen (unterer Teil) bei 38 Milchrindkälbern in spezifischen Altersperioden in Beziehung zu den Ausgangswerten bei 15 LT, Einzelwerte und Regressionsgrafen (Changes of blood hemoglobin concentration (top) and of serum iron (bottom) in 38 dairy calves at specific age periods in relationship with the starting values at 15 days of age, single values and first degree regression line)

sind Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen an einigen Alterspunkten nachweisbar gewesen (15 LT: RT, Hk, MetHb, Laktat, P, 30 LT: RT, P, 60 LT: Hb, O<sub>2</sub>CAP, pH, BE, HCO<sub>3</sub>, P, 90 LT: pCO<sub>2</sub>, Harnstoff, Mg, Fe). Sichere Unterschiede einiger Variablen (O<sub>2</sub>CONT, O<sub>2</sub>SAT, MetHb, HHb, pCO<sub>2</sub>) zwischen den Geschlechtern konnten insbesondere bei 30 LT festgestellt werden. Interaktionen zwischen Gruppe und Geschlecht traten bei 7 Variablen (15 LT: P, 30 LT: O<sub>2</sub>CONT, pCO<sub>2</sub>, 60 LT: COHb, Mg, 90 LT: Hb, O<sub>2</sub>CAP) auf.

Die vor allem von der Ernährungsqualität abhängige Wachstumsgeschwindigkeit und auch die Frequenz und Intensität körperlicher Aktivität beeinflussen außer den genetischen Faktoren das proportionale Körperwachstum der Kälber. Funktionelle Belastun-

gen durch Wärmeregulation, Nahrungsaufnahme und Verdauung sowie die Muskeltätigkeit während der Aktivitätsperioden betreffen einzelne Tiere in unterschiedlichem Grade, so daß eine stärkere Ausprägung individueller Niveaus des Stoffwechsels sowie weiterer konstitutioneller Merkmale und der funktionellen Kapazität in der Aufzuchtvariante möglich ist. Obwohl die Ernährung mit Milchaustauscher als standardisiert betrachtet wird, sind vor allem in den ersten Lebenstagen qualitative und quantitative Unterschiede der Ernährung z. B. durch Menge und Qualität des aufgenommenen Kolostrums und später durch die Beifutteraufnahme (Alter des Tieres und Menge) möglich. Einflüsse von Ernährungsqualität und Wachstumsfaktoren 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). Die Bedeutung der Milchernährung für die Organentwicklung ist bei Kälbern anscheinend nicht genauer untersucht worden.

Die Proteinqualität der Milch und des Milchersatzes beeinflusst die Adaptation der Verdauungsorgane (NARANJO et al., 1997), deren rhythmische motorische und sekretorische Aktivität (ZABIELSKI et al., 1998) und die Plasmakonzentrationen der die Darmfunktion regulierenden Peptide (LE HUEROU-LURON et al., 1998). Die Beifutteraufnahme ist individuell unterschiedlich und kann erheblich zur Variation der Ernährungsqualität beitragen. Die Entwicklung sekretorischer Funktionen des Magen-Darm-Kanals und die Umstellung derselben von der Milchverdauung auf diejenige von pflanzlichen Nährstoffen (Feststoffen) ist genetisch festgelegt und kann in der Ausprägung durch den Zeitpunkt der Aufnahme solcher Nährstoffe sowie durch Menge und Qualität des sogenannten Beifutters beeinflusst werden (BUDDINGTON und DIAMOND, 1989; BUDDINGTON, 1992; PERIN et al., 1997). Die Verfügbarkeit übermäßiger Mengen an Milch und Milchersatz und eine frühzeitige Beifutteraufnahme beeinflussen die Wachstumsgeschwindigkeit und die Entwicklung der Verdauungsorgane in unterschiedlicher Weise. Hinsichtlich des Beginns und der Menge des aufgenommenen Beifutters konnten große Unterschiede zwischen den Kälbern beobachtet werden. Bei zu frühem Absetzen der Milchernährung ist die Vormagenfunktion nicht wirksam (QUIGLEY et al., 1991; VAZQUEZ-ANON et al., 1993) was Ernährungsrestriktionen zur Folge hat, die das Knochenwachstum mehr als das Muskelwachstum beeinflussen (FUNABA et al., 1996). Größere Variationen einiger Meßgrößen bei 15 und 30 LT zeigen (Tab. 3 bis 7), daß die Anpassungsvorgänge bei den Tieren an die Milchernährungsperiode in sehr unterschiedlichem Maße erfolgt sind. In dieser Entwicklungsperiode wurden auch Einflüsse des Geschlechtes der Kälber offensichtlich. Beziehungen zwischen Wachstumsleistung und Blutmeßwerten waren bei 15 und 30 LT nur spärlich zu finden (Tab. 9).

An der mittleren Körpertemperatur (Rektaltemperatur) sind Änderungen mit dem Alter der Tiere nicht so deutlich hervorgetreten. Zuverlässige Messungen über periodische Änderungen der Körpertemperatur an Kälbern unter solchen Haltungsbedingungen liegen nicht vor. Die Nutzbarkeit der Wärmebildung und der physikalischen Wärmeregulation ist von der Intaktheit der Regulationseinrichtungen und von den kapazitiven Merkmalen der Funktionssysteme abhängig. Außerdem können Atemwegs- und Ma-

Tabelle 9

Korrelationen der Blutmeßwerte mit Wachstumskriterien und Alter der Kälber (Correlations of blood measures with growth traits and age of calves)

| Untersuchung |    | Blutmeßwert        | KM       | DIKM     | kg/d     | Alter    |
|--------------|----|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 15 LT        | G1 | MCHC               |          | 0,541**  | 0,548**  |          |
|              | G2 | P                  |          |          |          | -0,732** |
|              |    | Mg                 |          |          |          | -0,619** |
| 30 LT        | G1 | pH                 |          |          |          | 0,573**  |
|              |    | pO <sub>2</sub>    | -0,592** |          |          |          |
|              |    | Hb                 |          |          | 0,548**  |          |
|              |    | COHb               |          | -0,544** |          |          |
|              |    | Albumin            |          |          |          | -0,636** |
|              | G2 | BE                 | -0,635** |          |          |          |
|              |    | HCO <sub>3</sub>   | -0,686** |          |          |          |
| 60 LT        | G1 | Glukose            |          | 0,596**  | 0,666**  |          |
|              |    | pH                 | -0,615** | -0,642** | -0,623** |          |
|              |    | BE                 |          | -0,728** | -0,686** |          |
|              |    | HCO <sub>3</sub>   |          | -0,631** | -0,581** |          |
|              |    | Mg                 |          | 0,583**  | 0,548**  |          |
| 90 LT        | G1 | Hb                 |          | -0,552** |          | -0,713** |
|              |    | O <sub>2</sub> CAP |          |          |          | -0,712** |
|              |    | Hk                 |          | -0,569** |          | -0,645** |
|              | G2 | Harnstoff          | 0,565**  | 0,635**  | 0,612**  |          |
|              |    | BE                 | -0,67**  | -0,587** | -0,57**  |          |
|              |    | HCO <sub>3</sub>   | -0,62**  |          |          |          |

\*\* p &lt; 0,01

gen-Darm-Erkrankungen je nach Grad der Ausprägung den Energieumsatz und die Temperaturregulation beeinflussen. Obwohl Untersuchungen nur an Tieren vorgenommen worden sind, die klinisch unauffällig und nicht in einer Behandlung einbezogen waren, können Nachwirkungen derartiger Bedingungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Die auffälligsten Änderungen zwischen den Alterspunkten waren am Säure-Basen-Status, an den biochemischen und hämatologischen Variablen festzustellen (Tab. 8).

Änderungen des Säure-Basen-Status stehen mit der ventilatorischen Funktionssteigerung sowie mit der unterschiedlichen Reaktion der Tiere auf Fangen, Fixieren und auf die Nähe von Menschen in Verbindung. Änderungen von  $p\text{CO}_2$ , BE,  $\text{HCO}_3$ ,  $p\text{O}_2$  und pH sind daher unterschiedlich bei Kälbern verschiedenen Alters, denn die Tiere reagieren je nach Entwicklungsgrad, Alter und Reaktionstyp unterschiedlich auf Manipulationen. Metabolische Einflüsse durch vermehrtes Anfluten von Säuren (Milchsäure, Fettsäuren) sind anscheinend nicht von größerer Bedeutung, denn Korrelationen (hier nicht weiter angeführt) waren zwischen pH, BE,  $p\text{CO}_2$  und  $\text{HCO}_3$  nachweisbar, nicht dagegen zwischen diesen Meßgrößen und Laktat. Negative Beziehungen mit Wachstumskriterien bei 60 und 90 LT (Tab. 9) deuten auf die unterschiedliche Konstitution der Tiere hin.

Zunahmen von Totalprotein und Albumin sind auf die vermehrte Bildung durch die Leber und andere Körpergewebe sowie auf die Verteilung in den Körperkompartimenten zurückzuführen. Zunehmende Harnstoffkonzentrationen ab 60 LT bei allen Kälbern sind Ausdruck der sich entwickelnden Vormagenverdauung und der verbesserten Verfügbarkeit von Proteinen und Aminosäuren, was unter bestimmten Bedingungen zu quantifizierbaren Beziehungen wie zwischen Harnstoffkonzentration und KM bei 90 LT führen kann (Tab. 9). Individuell unterschiedliche Intensitäten des Muskelstoffwechsels und die Änderungen der Kreatininkonzentration des Blutes in Abhängigkeit von der Nierenfunktion können die Ursache dafür sein, daß Beziehungen zur KM der Kälber in dieser Lebensperiode nicht gefunden werden konnten. Die Abnahme der Kreatininkonzentration, die in den ersten Lebenstagen stärker erfolgt (KURZ und WILLET, 1991), setzt sich über die ersten Lebenswochen und in dieser Untersuchung sogar bis zu 90 LT fort. Stärkere, vom Ausgangswert abhängige Änderungen zwischen 30 und 60 LT (Abb. 1) können wahrscheinlich durch die Reifung der Nierenfunktion und den geänderten Wasserdurchsatz durch den Tierkörper bedingt sein. Der Konzentrierungsmechanismus der Nieren wird z. B. erst zwischen 30 und 60 LT vermehrt wirksam (ABOUZITE et al., 1997).

Wenig ist über die Blutglukoseregulation der Kälber während der Entwöhnungsperiode bekannt. Plasmaglukose- und Insulinspiegel verringern sich während und nach der Entwöhnungsperiode (BREIER et al., 1988; HUGI u. BLUM 1997), deren Regulation kann jedoch durch mehrere Faktoren und insbesondere durch die Art der Ernährung beeinflusst werden und weist eine beträchtliche interindividuelle Variation auf. Verstärkte Abnahmen der Glukosekonzentration bei Kälbern sind auf vermehrte Beifutteraufnahme und gute Entwicklung der rumenalen Verdauung sowie auf eine effiziente Glukoseregulation zurückzuführen, denn mit Milchaustauscher (DOPPENBERG und PALMQUIST, 1991) und intensiv mit Milch ernährte Kälber (HOSTETTLER-ALLEN et al., 1994) haben höhere Glukosekonzentrationen und Insulinaktivitäten als rumenierende Tiere. Bei 4 bis 6 Wochen alten Kälbern ist eine verstärkte insulinabhängige Utilisierung der Glukose bei Tieren mit Eisenmangel nachgewiesen worden (HOSTETTLER-ALLEN et al., 1993). Die Skelettmuskulatur nimmt bei wachsenden Tieren den größten Teil der verfügbaren Glukose auf (WEEKES, 1991). Eine große interindividuelle Variabilität des Muskelmetabolismus, die genetisch und durch kör-



perliche Aktivität bedingt ist, und auch des Glukosetransporters GLUT4 und der insulinstimulierten Glukosetransportrate wurde bei Kälbern festgestellt (HOCQUETTE et al., 1997), wobei die GLUT4-Menge in den Skelettmuskeln bei prärumenierenden und rumenierenden Tieren im gleichen Alter annähernd gleich war, ausgenommen der M. masseter, welcher bei Festfutteraufnahme stärker aktiviert wird.

Positive Beziehungen zwischen Wachstumsleistung und Blutglukose sowie Mg und negative Beziehungen zu pH, BE und  $\text{HCO}_3$  bei 60 LT (Tab. 9) bestätigen die Bedeutung der individuellen Entwicklungsqualität und der Nahrungsverfügbarkeit für die Wachstumsleistung. Außerdem wird der unterschiedliche Entwicklungsverlauf von Funktionssystemen der Tiere in spezifischen Altersperioden offensichtlich. Auch bei 90 LT sind positive Zusammenhänge von Wachstumsleistung sowie Hb und Hk nachweisbar gewesen. Bei Jungtieren vieler Spezies vorkommende hyporegenerative Anämien stehen mit dem Sauerstoffbindungs- und -abgabevermögen des Hämoglobins sowie mit der verringerten Erythropoietin(EPO)-Bildung in Verbindung. Für die als „physiologische Anämie“ bezeichnete Erscheinung gibt es mehrere Ursachen: (1) die Qualität der fetalen Erythropoese und deren Auswirkungen über die in den ersten Lebenswochen vorhandene Erythrozytenpopulation, (2) Anpassung von Regulation und Kapazität des erythropoetischen Gewebes begrenzende Faktoren während der postnatalen Wachstumsperiode und (3) Effekte des Geburtsverlaufes auf die Erythrozytenmenge der neugeborenen Kälber.

Die Sauerstoffbindungseigenschaften werden durch die Hämoglobinvariante sowie durch den Gehalt der Erythrozyten an Diphosphoglycerat (DPG) und Cl und an Protonen (pH-Wert) bestimmt. Der in fetalen Rindererythrozyten in 6 mal höherer Konzentration vorhandene allosterische Modulator DPG (GUSTIN et al., 1997; STUDZINSKI und CZARNECKI, 1980) erhöht die  $\text{O}_2$ -Affinität des HbF gegenüber dem adulten Hämoglobinmolekül bei entsprechenden physiologischen Konzentrationen und Temperaturen, und es unterscheidet sich auch die Enthalpie für die Sauerstoffbindung, was beim Wärmeaustausch zwischen Fetus und Muttertier eine Rolle spielen könnte (CLEMENTI et al., 1996), für  $\text{O}_2$ -Utilisierung fetaler Gewebe vorteilhaft, für diejenige der Gewebe neugeborener und der Kälber in den ersten Lebenswochen nachteilig ist. 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 (KOBAYASHI et al., 1996; KOHZUKI et al., 1994; MORAGA et al., 1996). Die bemerkenswerte Variationsweite des HbF-Schwundes bei Kälbern ist bisher wenig erklärt und dessen Auswirkung für die  $\text{O}_2$ -Versorgung der Gewebe wenig untersucht worden. Körperliche Aktivität fördert bei einer bestimmten Intensität den Erythrozytenabbau und stimuliert die Erythropoese über die vermehrte Erythropoietinbildung. Für die Tierart Rind sind dazu keine zuverlässigen Angaben zu finden.

Geht man davon aus, daß die Hämoglobinderivate HHb,  $\text{O}_2\text{Hb}$  und COHb adulter Rinder nur minimale spektralanalytische Differenzen zu humanen Hämoglobinderivaten haben (ZIJLSTRA und BUURSMA, 1997), was bei Multispektralanalyse zu berücksichtigen ist, so können bei den gleichen Tieren Untersuchungen zwischen den Altersperioden zuverlässige Ergebnisse bringen. Erhöhte COHb-Anteile sind wahrschein-

lich nicht vorrangig auf den CO-Gehalt der Luft zurückzuführen, sondern ergeben sich aus Interferenzen mit HbF. Anteile von MetHb, der oxidierten Form des Hämoglobins (Ferrihämoglobin oder Methämoglobin) sind von der Aktivität des membrangebundenen Enzyms NADH-MetHb-Reduktase abhängig, welches  $\text{Fe}^{3+}$  in  $\text{Fe}^{2+}$  umwandelt. 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 oder anderen Stoffen erhöht sein. Erhöhte MetHb-Anteile mit zunehmendem Alter der Kälber zeigen, daß diese Vorgänge wirksam sind, klinisch relevante Anteile werden jedoch nicht erreicht.

Obwohl die Kriterien der Wachstumsleistung und auch einige Blutmeßwerte beträchtliche Variationen aufwiesen, konnten enge Beziehungen zu physiologischen Variablen nur in wenigen Fällen gefunden werden (Tab. 9). Die Wachstumsbeschleunigung ist nicht bei allen Kälbern konstant während der Milchernährungs- und Entwöhnungsperiode, und es wären genauere Untersuchungen über Ernährungsqualität und allometrisches Körperwachstum erforderlich, um die Zusammenhänge mit Blutbestandteilen umfassender prüfen zu können. Weiter ist zu berücksichtigen, daß das Alter der Tiere einen Einfluß auf die Änderungen hat und daß die individuellen Anpassungsreaktionen der Tiere von unterschiedlichen Ausgangsbedingungen ausgehen können und in spezifischen Altersperioden in stärkerem Grade erfolgen (Abb. 1 und 2). Enge Korrelationen der Variablen zwischen den Untersuchungen (hier nicht weiter angeführt) und besonders solche der Änderungen der Variablen zu dem Ausgangswert bei 15 LT (Abb. 1 und 2) zeigen gerichtete adaptive Vorgänge bei einzelnen Kälbern, deren Entwicklungsqualität durch die Bedingungen des intrauterinen Lebens und zum Teil durch den Geburtsverlauf bestimmt ist.

### Literatur

- ABOUZITE, M.; ALDAKER, M. B.; FELLAT, S.; SAHIBI, H.; BADDOURI, Kh.:  
Développement post-natal du pouvoir de concentration rénal, du système rénine-angiotensine et des hormones cortico-surréaliennes chez de veau. - *Reprod. Nutr. Dev.* 37 (1997), 285-292
- BLUM, J. W.; HADORN, U.; SALLMANN, H.-P.; SCHUEP, W.:  
Delaying colostrum intake by one day impairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and  $\alpha$ -tocopherol status in neonatal calves. *J. Nutr.* 127 (1997), 2024-2029
- BORELL, E. v.:  
Belange des Tierschutzes in der Rinder- und Schweinehaltung. *Züchtungskunde, Stuttgart* 70 (1998), 436-445
- BOSTEDT, H.; SCHRAMEL, P.:  
Zur Dynamik der Blutserumkonzentration von Kalzium und Magnesium sowie der Spurenelemente Eisen, Kupfer und Zink in den ersten Lebenswochen des Kalbes. *Tierärztl. Umschau* 37 (1982), 471-476
- BREIER, B. H.; GLUCKMAN, P. D.; BASS, J. J.:  
Plasma concentrations of insulin-like growth factor-I and insulin in the infant calf: ontogeny and influence of altered nutrition. *J. Endocr.* 119 (1988), 43-50
- BUDDINGTON, R. K.:  
Intestinal nutrient transport during ontogeny of vertebrates. *Am. J. Physiol.* 263 (1992), R503-R509

- BUDDINGTON, R.K.; DIAMOND, J. M.:  
Ontogenic development of intestinal nutrient transporters. *Ann. Rev. Physiol.* **51** (1989), 601-619
- CLEMENTI, M. E.; SCATENA, R.; MORDENTE, A.; CONDO, S. G.; CASTAGNOLA, M.; GIARDINA, B.:  
Oxygen transport by fetal bovine hemoglobin. *J. Mol. Biol.* **255** (1996), 229-234
- DOPPENBERG, J.; PALMQUIST, D. L.:  
Effect of dietary fat level on feed intake, growth, plasma metabolites and hormones of calves fed dry or liquid diets. *Livestock Prod. Sci.* **29** (1991), 151-166
- FUNABA, M.; SAITO, S.; KAGIYAMA, K.; IRIKI, T.; ABE, M.:  
Bone growth rather than myofibrillar protein turnover is strongly affected by nutritional restriction at early weaning of calves. *J. Nutr.* **126** (1996), 898-905
- GREATOREX, J. C.:  
Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. *Brit. Vet. J.* **110** (1954), 120-133
- GUSTIN, P.; DETRY, B.; ROBERT, A.; CAO, M. L.; LESSIRE, F.; CAMBIER, C.; KATZ, V.; ANSAY, M.; FRANS, A.; CLERBAUX, T.:  
Influence of age and breed on the binding of oxygen to red blood cells of bovine calves. *J. Appl. Physiol.* **82** (1997), 784-790
- HAMMON, H.; BLUM, J. W.:  
Endocrine and metabolic changes in neonatal calves in response to growth hormone and long-R<sup>3</sup>-insulin-like growth factor-I administration. *Biol. Neonate* **73** (1998a), 121-128
- HAMMON, H.; BLUM, J. W.:  
Metabolic and endocrine traits of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or only milk replacer. *J. Nutr.* **128** (1998b), 624-632
- HOCQUETTE, J.-F.; CASTIGLIA-DELAUVAUD, C.; GRAULET, B.; FERRÈ, P.; PICARD, B.; VERMOREL, M.:  
Weaning marginally affects glucose transporter (GLUT4) expression in calf muscles and adipose tissues. *Brit. J. Nutr.* **78** (1997), 251-271
- HOSTETTLER-ALLEN, R.; TAPPY, L.; BLUM, J. W.:  
Enhanced insulin-dependent glucose utilization in iron-deficient veal calves. *J. Nutr.* **123** (1993), 1656-1667
- HOSTETTLER-ALLEN, R.; TAPPY, L.; BLUM, J. W.:  
Insulin resistance, hyperglycemia and glucosuria in intensively milk-fed calves. *J. Anim. Sci.* **72** (1994), 160-173
- HUGI, D.; BLUM, J. W.:  
Changes of blood metabolites and hormones in breeding calves associated with weaning. *J. Vet. Med. A* **44** (1997), 99-108
- KOBAYASHI, M.; KIMURA, S.; ISDIGAKI, K.-I.; MANIKO, N.; IMAI, K.:  
Significance of oxygen affinity of fetal and adult human hemoglobins. *Zool. Sci.* **13** (1996), 661-664
- KOHZUKI, H.; ENOKI, Y.; SAKATA, S.; SHIMIZU, S.; OHGA, Y.:  
High affinity of blood for oxygen reduces oxygen uptake in contracting canine gracilis muscle. *Exper. Physiol.* **79** (1994), 71-80
- KURZ, M.M.; WILLET, L. B.:  
Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. *J. Dairy Sci.* **74** (1991), 2109-2118
- LE HUEROU-LURON, I.; GESTIN, M.; LE DREAN, G.; ROME, V.; BERNARD, C.; CHAYVIALLE, J. A.; GUILLOTEAU, P.:  
Source of dietary protein influences kinetics of plasma gut regulatory peptide concentration in response to feeding in preruminant calves. *Comp. Biochem. Physiol.* **119A** (1998), 817-824
- MIYATA, Y.; FURUGOURI, K.; SHIJIMAYA, K.:  
Developmental changes in serum ferritin concentration of dairy calves. *J. Dairy Sci.* **67** (1984), 1256-1263
- MORAGA, F.; MONGE, C.; RIQUELME, R.; LLANOS, A. J.:  
Fetal and maternal blood oxygen affinity: A comparative study in llamas and sheep. *Comp. Biochem. Physiol.* **115A** (1996), 111-115
- NARANJO, J. A.; MANAS, M.; VALVERDE, A.; YAGO, M. D.; MARTINEZ-VICTORIA, E.:  
Exocrine pancreatic secretion in suckling goats. Adaptive effects of maternal milk and a milk substitute. *Arch. Physiol. Biochem.* **105** (1997), 190-196

- OLTNER, R.; BERGLUND, B.:  
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 (1982), 23-28
- PERIN, N. M.; CLANDININ, M. T.; THOMSON, A. B. R.:  
Importance of milk and diet on the ontogeny and adaptation of the intestine. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 24 (1997), 419-425
- QUIGLEY, J.D.III.; SMITH, Z.P.; HEIMANN, R.N.:  
Changes in plasma volatile fatty acids in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.* 74 (1991), 258-263
- REECE, W. O.; HOTCHKISS, D. K.:  
Blood studies and performance among calves reared by different methods. *J. Dairy Sci.* 70 (1987), 1601-1611
- SCHLERKA, G.:  
Selen- und Eisenkonzentrationen im Blutplasma sowie Hämoglobin und Hämatokrit. Klinisch gesunde Aufzuchtälber in den ersten Lebenswochen. *Tierärztl. Umschau* 53 (1998), 239-242
- STEINHARDT, M.; THIELSCHER, H.-H.; ZERBE, F.; SMIDT, D.:  
Entwicklungsqualität, Adaptationsreaktionen und klinisch-chemische Blutwerte von am Tränkeautomaten aufgezogenen Milchrindkalbern. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 104 (1997), 3-8
- STUDZINSKI, T.; CZARNECKI, A.:  
Postnatal changes in 2,3 diphosphoglycerate (2,3-DPG) content of calf erythrocytes. *Acta Physiol. Pol.* 31 (1980), 357-363
- TENNANT, B.; HARROLD, D.; REINA-GUERRA, M. et al.:  
Hematology of the neonatal calf: erythrocyte and leukocyte values of normal calves. *Cornell Vet.* 64 (1974), 516-532
- VAZQUEZ-ANON, M.; HEINRICHS, A. J.; ALDRICH, J. M.; VARGA, G.A.:  
Postweaning age effects on rumen fermentations endproducts and digesta kinetics in calves weaned at 5 weeks of age. *J. Dairy Sci.* 76 (1993), 2742-2748
- WEEKES, T. E. C.:  
Hormonal control of glucose metabolism. In: TSUDA, T., SASAKI, Y. and KAWASHIMA, R.: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Academic Press San Diego, CA, USA 1991, 183-200
- ZABIELSKI, R.; DARDILLAT, C.; LE HUEROU-LURON, I.; BERNARD, C.; CHAYVIALLE, J. A.; GUILLOTEAU, P.:  
Periodic fluctuations of gut regulatory peptides in phase with the duodenal migrating myoelectric complex in preruminant calves: effect of different sources of dietary protein. *Brit. J. Nutr.* 79 (1998), 287-296
- ZIJLSTRA, W. G.; BUURSMA, A.:  
Spectrophotometry of hemoglobin: Absorption spectra of bovine oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin. *Comp. Biochem. Physiol. B - Biochem. Molec. Biol.* 118 (1997), 743-749

Eingegangen: 21.05.1999

Akzeptiert: 08.11.1999

Anschrift der Verfasser

Dr. habil. MARTIN STEINHARDT, Dr. HANS-HERMANN THIELSCHER  
Institut für Tierzucht und Tiervershalten - FAL  
D-23847 Westerau