

Aus dem Institut für Tierzucht Mariensee

**Martin Steinhardt
Hans-Hermann Thielscher**

**Entwicklungsqualität und frühe postnatale Adaptation
von Milchrindkälbern in verschiedenen
Haltungsvarianten**

Manuskript, zu finden in www.fal.de

Published in: Landbauforschung Völkenrode 51(2001)4,
pp. 185-194

**Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2001**

Entwicklungsqualität und frühe postnatale Adaptation von Milchrindkälbern in verschiedenen Haltungsvarianten

Martin Steinhardt und Hans-Hermann Thielscher¹

Zusammenfassung

An Milchrindkälbern und an deren Muttertieren wurden bei der Geburt sowie bei 15 Lebenstagen (LT) nach der Gruppenaufzucht mit Tränkeautomatenfütterung (wechselnde, Gw, und konstante, Gk, Gruppenzusammensetzung) und nach Einzeltierhaltung (E) seit dem 1. LT Untersuchungen vorgenommen (Blutproben, Körpergewicht, Herzschlagfrequenz). In venösen Blutproben (*V. jugularis*) wurden Säure-Basen-Status, Hämatokrit, Hämoglobinkonzentration, -derivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke bestimmt. Zwischen Kalb und Kuh konnten mit Ausnahme von BE sichere Mittelwertunterschiede nachgewiesen werden. Die Differenzen der Variablen zwischen Kalb und Kuh wiesen in den meisten Fällen positive Korrelationen mit den Werten des Kalbes bei der Geburt auf. Zwischen den Kälbergruppen konnten nach der Geburt für einige Variablen Mittelwertunterschiede nachgewiesen werden. Im Alter von 15 LT hatten Kälber größere pH, MCHC und kleinere pCO₂, Hk und O₂CONT als bei der Geburt. Unterschiedlich änderten sich bei den Aufzuchtgruppen pO₂, HCO₃, BE, Hb, O₂CAP. Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen bestanden bei 15 LT für pH, pCO₂, pO₂, HCO₃, BE und MCHC. Für die mittleren Änderungen der Variablen konnten mit Ausnahme von O₂CONT, O₂SAT, HHb, COHb sichere Unterschiede zwischen den Gruppen aufgezeigt werden. Zwischen den Änderungen der Variablen bei 15 LT und dem Ausgangswert nach der Geburt ließen sich in allen Fällen signifikante Korrelationen nachweisen. Richtung und Ausmaß der Änderungen wurden durch die Haltungsbedingungen beeinflusst, gingen individuell spezifisch vonstatten und waren auf Wertebereiche gerichtet, die eine Optimierung der funktionellen Anpassung gewährleisten. HF lag bis 5 LT zwischen 110 und 135 HS/min, war im Mittel bei Gruppe E größer und verringerte sich zwischen 5 und 7 LT bei Gk und Gw und zwischen 7 und 15 LT bei Gruppe E.

Schlüsselworte: Milchrindkälber, frühe Adaption, Haltungssysteme, Blutmeßwerte, Herzfrequenz

Abstract

Development quality and early postnatal adaptation of dairy calves to different types of husbandry

On dairy calves and on their dams investigations were done (blood sampling, body weight, heart rate) after birth and in calves again at 15 days of age rearing the animals in groups with an automatic milkfeeder (groups Gk and Gw) or stalled in single boxes (group E) since the first day of life. Venous blood samples were analysed for acid-base balance, hematocrite, hemoglobin content, hemoglobin derivatives and variants, gas content and gas pressure. Significant mean differences between calf and dam existed for all measures except base excess. Between calf and dam differences of the variables showed in most cases positive correlations with the variables of the calves after birth. Between group differences of variables could be found in some cases at this age. At the age of 15 days calves had greater pH, MCHC and smaller pCO₂, Hk, and O₂CONT than at birth. The measures pO₂, HCO₃, BE, Hb, O₂CAP changed differently within the groups. Between group differences of mean values existed for pH, pCO₂, pO₂, HCO₃, BE, and MCHC at 15 days of age. Mean changes of variables between 15 days and the first day of life were significantly different between groups except those of O₂CONT, O₂SAT, HHb, COHb. Changes of variables at 15 days of life had significant correlations with variables of calves at birth and took place with an individual specific way the direction and degree of which has been influenced by the special husbandry conditions and were directed to such levels that ensure optimal adaptation. Mean heart rate was between 110 and 135 bpm up to 5 days, mean heart rate was greater in calves of group E and diminished significantly between 5 and 7 days in animals of groups Gk and Gw and between 7 and 15 days in animals of group E.

Key words: dairy calves, early adaptation, different husbandry systems, blood measures, heart rate

¹ Institut für Tierzucht und Tiervershalten Mariensee, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Höltystraße 10, 31535 Neustadt

1 Einleitung

Eine Definition tiergerechter Haltungsbedingungen muss sowohl sich ständig vollziehende züchterische Beeinflussungen der Nutztierpopulationen und bei den Tier-Umweltbeziehungen auch entwicklungs- und adaptionsphysiologische Prägungen der Tiere, chronologische Gesichtspunkte sowie die Rhythmizität der Funktionen berücksichtigen. Bezugnahmen auf „Durchschnittsindividuen“ vernachlässigen die funktionelle Variationsbreite und reaktionstypmäßige Besonderheiten, die in der postnatalen Lebensperiode in hohem Maße mitbestimmt werden. Aus vorangegangenen Untersuchungen ging hervor, dass sich Entwicklungsunterschiede der Kälber bereits innerhalb von 14 Tagen nach der Geburt herauszubilden beginnen, wenn Kälber, die aus einem Bestand hervorgegangen sind, seit dem 1. Lebenstag in verschiedenen Haltungsvarianten aufgezogen wurden (Steinhardt und Thiel-scher, 1999). Für die Verwendung physiologischer Variablen als Kriterien tiergerechter Haltungsbedingungen durch Festlegung von Grenzwerten ist es von Interesse, welchen Entwicklungszustand Tiere nach der Geburt haben und in Beziehung zum Alter in gebräuchlichen Haltungsvarianten erreichen. Zuverlässige Grundlagen über physiologische Variationsbreiten und Variationsursachen moderner Rassenvertreter sind wenig verfügbar.

Die vorliegende Untersuchung betrifft die Fragen

1. Wie ist die Variation physiologischer Variablen des Kalbes nach der Geburt bei Laufboxenhaltung der Muttertiere?
2. Wie ändern sich die Variablen des Kalbes in den ersten Lebenswochen bei verschiedenen Aufzuchtbedingungen?

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an Kälbern und Kühen der Milchrindherde des Institutes (Deutsche Holstein Friesian) vorgenommen. Die Milchkühe wurden in einem Boxenlaufstall gehalten und verweilten vor der Kalbung in Kalbeboxen mit Stroheinstreu. Die Kälber erhielten am 1. Lebenstag (LT) Kolostrum der Mutter aus einem Eimer mit Nuckel und am 2. LT gepooltes Kolstrum angeboten (1 bis 2 l pro Angebot). Sie kamen am ersten Lebenstag in eine Gruppenbox (3 m x 17 m, Automatenfütterung, Tränkeautomat der Fa. Förster), die kontinuierlich bis zu einer Gruppengröße von etwa 20 Tiere aufgefüllt wurde und in welcher Tiere je nach der Geburtenhäufigkeit ausgewechselt wurden (Gw, N = 16, m = 9, w = 7). Ältere Kälber dieser Gruppe wurden in eine benachbarte Box gleicher Größe mit entsprechender Automatenfütterung gebracht. Auf diese Weise änderte sich während der Kalbperiode die Gruppenzusammensetzung beständig. Bis zum 7. Tag erhielten die Kälber gepoolte Milch mit ansteigenden Anteilen Milchaustauscher (MAT) ab dem 3. LT (Färsenstart S von Denkavit Futtermittel GmbH, 125 g pro Liter

Wasser) nach dem Tränkeschema 6 l bis 8 l ansteigend, 8 l anhaltend und danach kontinuierlicher Abfall der Flüssignahrung. Kälber der Gruppe Gw erhielten aus Sicherheitsgründen als Grundversorgung bei der Einstallung 5 ml Myofer 200 (Hoechst) und 1 ml Vitamin ADE wässrig (WDT). Im Wechsel wurden Kälber in Einzelboxen mit Stroheinstreu (16 Boxen 0,9 m x 1 m) aufgestellt (E, N = 11, m = 7, w = 4). Diese Tiere erhielten nach der Kolostrumperiode 6 l Vollmilch pro Tag auf zwei Mahlzeiten verteilt sowie pelletiertes Kraftfutter und Heu. Sowohl die Kälber der Einzelhaltung als auch diejenigen der Gruppenhaltung waren einem vielseitigen Einfluss und intensiven Kontakt durch das Betreuungspersonal ausgesetzt. Eine Gruppe von Kälbern (Gk, N = 16, m = 9, w = 7) mit nahe beieinanderliegenden Geburtsterminen (13 Tage) erhielt nach der Kolostrumperiode bis 7 Tage Vollmilch und danach 6 l MAT pro Tag und betriebspezifisches Kraftfutter sowie Heu angeboten. Die Kälbergruppe blieb während der Aufzucht in der Zusammensetzung konstant und wurde in einem gesonderten Stallbereich (Boxengröße 6 m x 13 m) mit minimalem Betreuungsaufwand und ohne weiteren Mensch-Tier-Kontakt aufgezogen. An 2 Tagen in der Woche wurden Wägungen in den Gruppen Gw und E vorgenommen und die Körpermasse der Kälber in den Altersbereichen 3 - 11 LT, 10 - 18 LT und 15 - 21 LT festgestellt, aus denen die Zuwachsraten ermittelt werden konnten.

Am Tage der Geburt und im Alter von 15 Lebenstagen wurden Langzeitmessungen der Herzschlagfrequenz und Blutuntersuchungen an den Kälbern vorgenommen, wobei die Tiere für das Anlegen von Messeinrichtungen sowie zur Blutprobennahme für kurze Zeit fixiert werden mussten. Bei der Kalbung wurden sowohl am Kalb als auch am Muttertier Messungen innerhalb der Kalbebox vorgenommen und die Zeitpunkte der Untersuchung nach der Geburt registriert. Anlegen von Messeinrichtungen und Probennahmen fanden bei den Tieren im Alter von 15 LT zwischen 7.45 und 8.30 Uhr innerhalb der Stallbox statt. Herzschlagfrequenz(HF)-Messungen wurden mit Hilfe des Polar Sport Testers kontinuierlich über 24 Std. vorgenommen (Steinhardt et al., 1997) und zwar am Tage der Geburt sowie bei 3, 5, 7 und 15 LT. Aus technischen Gründen konnten nicht sämtliche Tiere an diesen Alterspunkten gemessen werden, so dass die Besetzungen unterschiedlich sind und bei der Gruppe Gk am 1. LT fehlen. Als HF-Kennwert wurde die mittlere HF einer 24-Std-Messung verwendet. In peripheren venösen Blutproben (*V. jugularis*) bestimmten wir den Säure-Basen-Status, den Hämatokrit (Hk), die Hämoglobinkonzentration (Hb), Hämoglobinderivate und -varianten, Gasgehalte und -drucke. Säure-Basen-Status und Blutgasgehalte wurden mit AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments Graz, Österreich bestimmt. Die Blutproben analysierten wir außerdem mit dem AVL 912 CO-Oxylite von Medical Instruments AG, mit welchem neben Messgrößen des Säure-Basen-Status die Hämoglobinkonzentra-

tion, Sauerstoffsättigung (O₂SAT), Sauerstoffkapazität (O₂CAP) und der Sauerstoffgehalt (O₂CONT), die Hämoglobinderivate Oxyhämoglobin (O₂Hb), Desoxhämoglobin (HHb), Carboxhämoglobin (COHb), Methämoglobin (MetHb) und Sulfhämoglobin (SHb) bestimmt werden können. Hk wurde mit der Mikrohämatokritmethode bestimmt. Mit Hilfe von Hb und Hk wurde die mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration (MCHC) errechnet. Für die Bearbeitung der Ergebnisse nutzten wir PC-Statistik von Topsoft Hannover und Sigma Stat von Jandel Scientific Software und wendeten die Korrelations- und Regressionsrechnung sowie die Varianzanalyse (ANOVA und ANOVA for repeated measures) an. Mittelwertprüfungen zweier Gruppen wurden mit dem t-Test und Wilco-

xon-Test und dem t-Test für verbundene Stichproben vorgenommen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben. Allgemein wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % gerechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Physiologische Variablen bei Kälbern nach der Geburt und bei deren Muttertieren (Tab. 1 bis 3, Abb. 1)

Mit Ausnahme von BE konnten für die Kälber der drei Gruppen sichere Mittelwertunterschiede zwischen Muttertier und Kalb nachgewiesen werden. Bei den neugeborenen Kälbern waren pH, pO₂, BE, Hb, MCHC, O₂CONT,

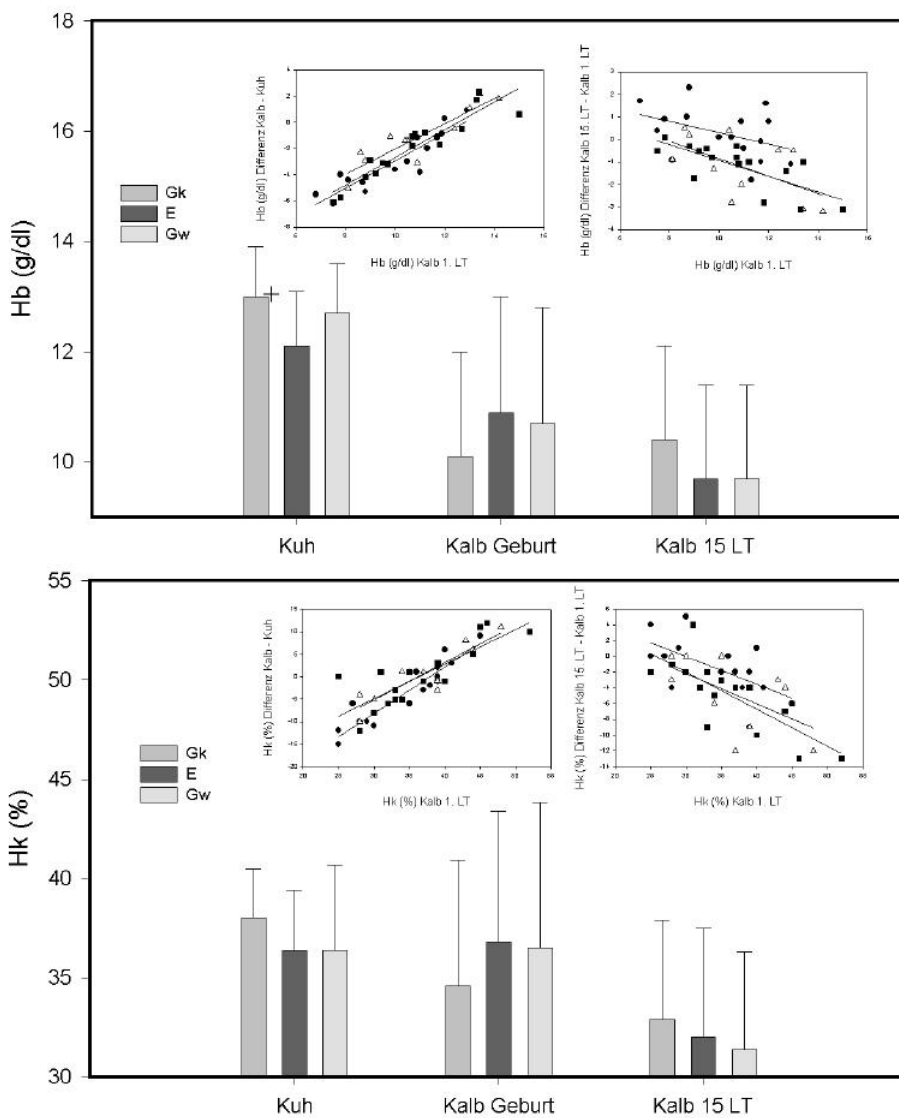


Abb. 1 Hämoglobinkonzentration des Blutes und Hämatokrit von Kälbern und Kühen bei der Geburt und von Kälbern bei 15 LT, Mittelwerte und Standardabweichungen, Insert: Korrelationen und Regressionen der Differenzen zwischen Kalb und Kuh sowie der Differenzen 15. LT - 1. LT und den Ausgangswerten des Kalbes bei der Geburt, Gruppen nach Haltungvarianten

O₂CAP, O₂SAT, MetHb kleiner und pCO₂, HCO₃, HHb, COHb größer als bei deren Muttertieren.

Sichere Mittelwertunterschiede zwischen den Aufzuchtgruppen konnten bei pCO₂ (E vs Gw), O₂CAP (Gk vs E) und MetHb (Gk vs E) der Muttertiere und bei O₂CONT (Gk vs E) und MetHb (Gk vs Gw) der Kälber festgestellt werden (Tab. 2).

3.2 Physiologische Variablen bei Kälbern nach der Geburt und bei 15 Lebenstagen (Tab. 1 bis 3, Abb. 1)

Zwischen Geburt und 15 LT konnten bei allen Messgrößen, allerdings nicht für alle Aufzuchtgruppen, sichere Mittelwertunterschiede festgestellt werden. Bei einem Alter von 15 LT hatten die Kälber aller Gruppen größere pH, MCHC und kleinere pCO₂, Hk, O₂CONT. Unterschiedlich änderten sich bei den Gruppen pO₂, HCO₃, BE, Hb, O₂CAP. Mittelwertunterschiede zwischen den Aufzuchtgruppen bestanden bei pH, pCO₂, pO₂, HCO₃, BE und MCHC. Für die mittleren Änderungen der Variablen konnten mit Ausnahme von O₂CONT, O₂SAT, HHb, COHb sichere Unterschiede zwischen den Aufzuchtgruppen aufgezeigt werden.

3.3 Herzschlagfrequenz (Abb. 2)

HF verringerte sich zwischen 5. und 7. LT bei Kälbern der Gruppenhaltungen, und zwar am stärksten bei Kälbern der Gruppe Gk, bei welchen diese Verringerung sicher war. Bei Kälbern der Gruppe E war eine Verringerung der HF erst im Alter von 15 LT festzustellen. Eine größere HF hatten Kälber der Gruppe E gegenüber jene der übrigen Aufzuchtgruppen. Die Mittelwertunterschiede waren jedoch nur am 7. und 15. LT zu sichern.

3.4 Korrelationen und Regressionen der Differenzen zwischen Kalb und Kuh mit dem Ausgangswert des Kalbes am 1. LT (Tab. 4, Abb. 1)

Die Differenzen der Variablen zwischen Kalb und Kuh wiesen in den meisten Fällen positive Korrelationen mit den Werten des Kalbes nach der Geburt auf. Diese und die Regressionen sind in Tab. 4 angegeben und als Beispiel für Hb und Hk in Abb. 1 dargestellt worden.

3.5 Korrelationen und Regressionen der Änderungen der Variablen zwischen 15. LT und 1. LT mit dem Ausgangswert am 1. LT (Tab. 4, Abb. 1)

Für die Variablen konnten innerhalb der Gruppen sichere Korrelationen zwischen deren Änderung bis zum Alter von 15 LT und dem Ausgangswert nach der Geburt nachgewiesen werden. Die Änderungen gingen hinsichtlich Richtung und Grad individuell spezifisch vorstatten, unterschieden sich im Falle von Hb, Hk zwischen den Kälbergruppen Gk sowie E und Gw und waren auf Wertebe-

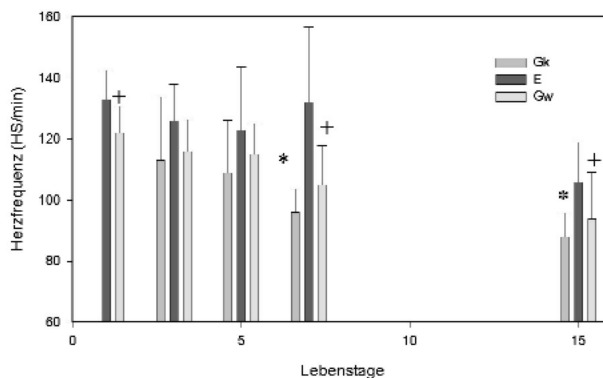


Abb. 2
Herzschlagfrequenzkennwerte von Kälbern in den ersten beiden Lebenswochen, Mittelwerte und Standardabweichungen, Gruppen nach Haltungsvarianten

reiche gerichtet, die der funktionellen Anpassung in den Aufzuchtvarianten entsprechen. Mit Hilfe der Regressionen können im Falle $Y = 0$ solche X-Werte errechnet werden, die den Referenzwerten für dieses Entwicklungsstadium in der speziellen Aufzuchtvariante sehr nahe kommen (Tab. 4).

3.6 Körpermasse, Körperwachstum

Die Geburtsmassen der Kälber betragen für Gk, E und Gw $44,7 \pm 5,1$ kg, $43,5 \pm 4$ kg und $48,3 \pm 5,3$ kg. Die Wachstumsraten am Ende der ersten, zweiten und dritten Lebenswoche betragen für Kälber der Gruppe E $0,7 \pm 0,357$ kg (0,2 bis 1,5 kg), $0,74 \pm 0,21$ kg (0,361 bis 1,1 kg) und $0,697 \pm 0,192$ kg (0,405 bis 1,025 kg) und für solche der Gruppe Gw $0,475 \pm 0,58$ kg (-0,714 bis 1,5 kg), $0,364 \pm 0,234$ kg (-0,143 bis 0,833 kg) und $0,472 \pm 0,211$ kg (0,111 bis 0,947 kg). Die Mittelwerte unterschieden sich am Ende der zweiten und dritten Woche sicher zwischen den Gruppen E und Gw. Die Wachstumsrate war bei Kälbern der Gw in der zweiten Woche und bei solchen der E in der dritten Woche am kleinsten und stieg danach wieder an. Die Änderungen der Wachstumsrate zwischen den Altersbereichen unterschieden sich in den Gruppen nicht. Die Zuwachsraten der Kälber in den Gruppen wiesen untereinander Korrelationen von $r = 0,6$ bis $r = 0,9$ auf. Zwischen Körpermasse und Zuwachsraten konnten von 6 möglichen nur in 3 Fällen sichere Beziehungen gefunden werden.

4 Diskussion

Die größere Variation der meisten Messgrößen bei den Kälbern nach der Geburt, die durch genetische Faktoren bestimmt wird, weist auch auf unterschiedliche Entwicklungs- und Adaptationszustände sowie auf Auswirkungen des Geburtsverlaufes hin. Wie am Insert der Abb. 1 und an Tab. 4 zu sehen ist, lagen bei einem Anteil der Kälber zum Zeitpunkt der Geburt physiologische Variablen auf dem

Niveau, das bei den Muttertieren festzustellen war. Enge positive Korrelationen der Differenzen der Variablen zwischen Kalb und Kuh mit den Variablen des neugeborenen Kalbes deuten darauf hin, dass die Variation der Variablen des Kalbes einen größeren Einfluss auf diese Differenz hat. Zum Zeitpunkt der Geburt nachweisbare Mittelwertunterschiede zwischen den Kälbergruppen (O₂CONT,

MetHb) und zwischen deren Muttertieren (pCO₂, O₂CAP und MetHb) können durch das Alter der Muttertiere, den Adaptationszustand an die Trächtigkeit und den Geburtsverlauf bedingt sein. Eine geringgradige und offensichtlich überwiegend respiratorisch bedingte Azidose nach der Geburt war bei den Kälbergruppen in gleichem Grade vorhanden.

Tab. 1

Säure-Basen-Status des venösen Blutes von Milchrindkälbern bei der Geburt und bei 15 LT, Gruppen nach Haltungsvarianten, MW ± SD

		Kuh	Differenz Kalb - Kuh	Kalb Geburt	Kalb 15 LT	Differenz 15 LT - Geburt
pH	Gk (16) x s	7,358	-0,122*	7,237	7,304 ^a	0,067 ⁺
		0,072	0,145	0,132	0,081	0,166
	E (11) x s	7,346	-0,056 ⁺	7,290	7,315 ^d	0,025 ^d
		0,065	0,089	0,068	0,031	0,075
	Gw (16) x s	7,359	-0,104*	7,254	7,348 ^{c,e}	0,093* ^c
		0,030	0,057	0,063	0,035	0,083
pCO ₂ (mmHg)	Gk (16) x s	48,7	15,9*	64,6	64,1 ^a	-0,5 ^a
		4,0	10,8	10,0	4,1	12,2
	E (11) x s	52,6 ^d	10,0*	62,7	56,4	-6,2 ⁺
		7,6	11,8	7,9	4,4	9,6
	Gw (16) x s	47,9 ^e	18,5*	66,4	59,1 ^c	-7,3* ^c
		5,2	7,9	7,2	6,4	9,0
pO ₂ (mmHg)	Gk (16) x s	50,6	-13,9*	36,8	40,0 ^a	3,2*
		7,6	9,0	3,6	2,3	3,6
	E (11) x s	48,8	-7,1	41,7	40,9	-0,8 ^d
		11,5	14,5	10,2	8,7	10,6
	Gw (16) x s	48,1	-11,1*	37,0	44,1 ^c	7,0* ^e
		6,9	7,7	5,3	8,2	9,6
HCO ₃ (mmol/l)	Gk (16) x s	26,7	0,0	26,3	30,4 ^a	4,1* ^a
		3,7	5,7	4,8	4,0	6,3
	E (11) x s	27,1	1,4 ⁺	28,5	27,3 ^{b,d}	-1,3 ^{b,d}
		1,6	2,4	2,9	1,8	3,4
	Gw (16) x s	25,8	2,2*	28,0	30,9 ^e	2,9* ^e
		2,8	2,3	2,9	3,0	3,9
BE (mmol/l)	Gk (16) x s	2,42	-2,58	-0,16	4,98 ^a	5,14 ^{+a}
		4,48	7,54	6,62	5,16	8,55
	E (11) x s	2,95	-0,17	2,78	2,52 ^{b,d}	-0,26 ^{b,d}
		2,32	3,54	3,54	1,93	3,76
	Gw (16) x s	2,03	-0,46	1,56	6,23 ^e	4,67* ^e
		2,78	2,44	3,46	2,88	4,62

* p < 0,01, ⁺ p < 0,05, Mittelwerte in der Zeile signifikant verschieden
ab; ac; de: Mittelwerte Gk vs. E, Gk vs. Gw, E vs. Gw signifikant verschieden

Die aufgenommene Gesamtmenge an Kolostrum und Frischmilch lag bei $5,6 \pm 2,5$ l pro Tier, variierte jedoch zwischen 1 und 11,5 l. Individuelle Unterschiede hinsichtlich Auffinden, Erkennen, Aufnehmen und Abschlucken der Nahrung sind von der Entwicklungsqualität abhängig und können durch Schädigungen zentralnervaler Strukturen infolge des Geburtsverlaufes, die u. a. temporäre Auswirkungen auf Nahrungsaufnahme und

Schluckreflex haben, bedingt sein (Kasari, 1989; Langanke et al., 1992; Grünberg et al., 1999).

In Kolostrum und Milch enthaltene Stoffe wie Wachstumsfaktoren, Erythropoietin, Hormone (Amit et al., 1997; Blum et al., 1997; Donovan et al., 1997; Hadorn et al., 1997; Kling et al., 1998; Koldovsky, 1995; Koldovsky und Thornburg, 1987; Kurz und Willet, 1991; Perin et al., 1997) sind kausal für Entwicklungsdifferenzen der Kälber

Tab. 2

Hämatologische Variablen und Sauerstoffgehalt des venösen Blutes von Milchrindkälbern, Gruppen nach Haltungsvarianten, MW \pm SD

		Kuh	Differenz Kalb - Kuh	Kalb Geburt	Kalb 15 LT	Differenz 15 LT - Geburt
Hb (g/dl)	Gk (16) x	13,0	-2,9*	10,1	10,4	0,3 ^a
	s	0,9	2,2	1,9	1,7	1,1
	E (11) x	12,1	-1,2	10,9	9,7	-1,2* ^b
	s	1,0	2,2	2,1	1,7	1,4
	Gw (16) x	12,7	-2,0*	10,7	9,7	-1,0* ^c
	s	0,9	2,4	2,1	1,7	0,9
Hk (%)	Gk (16) x	38,0	-3,4 ⁺	34,6	32,9	-1,6 ^{+a}
	s	2,5	6,9	6,3	5,0	3,6
	E (11) x	36,4	0,5	36,8	32,0	-4,8* ^b
	s	3,0	6,1	6,6	5,5	4,5
	Gw (16) x	36,4	0,1	36,5	31,4	-5,1* ^c
	s	4,3	6,9	7,3	4,9	4,5
MCHC (%)	Gk (16) x	34,1	-4,9*	29,2	31,5 ^a	2,3* ^a
	s	1,1	1,2	0,8	1,6	1,5
	E (11) x	33,3	-3,6*	29,7	30,4 ^b	0,7 ^{+b}
	s	1,8	3,4	1,8	1,0	2,0
	Gw (16) x	35,2	-5,9*	29,3	30,7	1,3 ⁺
	s	5,3	5,0	1,6	1,9	2,6
O ₂ CONT (mmol/l)	Gk (16) x	10,2	-4,2*	6,0 ^a	5,8	-0,3
	s	2,8	3,8	2,1	1,7	1,5
	E (11) x	8,9	-1,2	7,6 ^b	5,8	-1,9 ⁺
	s	1,9	2,9	2,1	2,6	2,8
	Gw (16) x	9,0	-2,7*	6,3	6,1	-0,1
	s	2,2	3,8	2,4	2,6	3,4
O ₂ CAP (mmol/l)	Gk (16) x	17,6 ^a	-3,9*	13,7	14,1	0,4 ^a
	s	1,2	3,0	2,6	2,4	1,6
	E (11) x	16,4 ^b	-1,5	14,8	13,2	-1,6* ^b
	s	1,3	3,1	2,9	2,4	1,9
	Gw (16) x	17,2	-2,7*	14,5	13,1	-1,4* ^c
	s	1,3	3,4	3,0	2,3	1,3

* p < 0,01, ⁺ p < 0,05, Mittelwerte in der Zeile signifikant verschieden
ab; ac; de: Mittelwerte Gk vs. E, Gk vs. Gw, E vs. Gw signifikant verschieden

in Betracht zu ziehen. Diese können wie auch die höheren Niveaus der Steroidhormon- und Schilddrüsenhormonkonzentrationen bei Kälbern in den ersten Lebensstagen bedeutungsvoll für die Entwicklung und Anpassung der Tiere in den ersten Lebenswochen sein (Fowden et al., 1998). Einflüsse von Ernährungsqualität und Wachstumsfaktoren auf metabolische und endokrine Merkmale der Kälber in den ersten Lebenswochen sind bekannt (Blum et al., 1997; Hammon und Blum, 1998a,b).

Die vorteilhafte Ernährung mit Vollmilch ist an der Entwicklungsqualität der Kälber der Gruppe E sichtbar. Sichere Korrelationen zwischen den Zuwachsraten am Ende der ersten und zweiten Woche und der Änderung von Hb zwischen Geburt und 15 LT ($r = -0,627$ und $r = -0,565$) zeigen, dass eine größere Zuwachsrate mit einer stärkeren

Verringerung von Hb verbunden ist. Die Bedeutung der Milchnahrung für die Organentwicklung der Kälber ist anscheinend nicht genauer untersucht worden. MAT sind in der Zusammensetzung nicht einheitlich und können in der Qualität eine größere Variation aufweisen. 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).

Änderungen des Säure-Basen-Status bei 15 LT waren unterschiedlich bei Kälbern der drei Aufzuchtvarianten (Tab. 1 und 4). Sie können durch respiratorische Störungen und in dieser Altersperiode auch durch Verdauungs-

Tab. 3

Hämoglobinderivate und -varianten von Milchrindkälbern bei der Geburt und bei 15 LT, Gruppen nach Haltungsvervarianten, MW \pm SD

		Kuh	Differenz Kalb - Kuh	Kalb Geburt	Kalb 15 LT	Differenz 15 LT - Geburt
HHb (%)	Gk (16) x s	40,9	13,45 ⁺	54,3	58,02	3,7
		14,9	21,2	12,7	7,34	12,5
	E (11) x s	44,6	1,36	45,91	55,2	9,3
		11,2	16,6	15,9	16,4	20,7
	Gw (16) x s	46,4	8,28	54,7	52,1	-2,58
		12,5	19,7	15,8	15,6	22,1
O ₂ SAT (%)	Gk (16) x s	56,7	-13,63*	43,1	39,6	-3,5
		14,7	20,7	12,3	7,1	12,1
	E (11) x s	53,0	-1,43	51,5	42,3	-9,2
		11,1	16,3	15,3	15,9	20,1
	Gw (16) x s	51,2	-8,24	43,0	45,4	2,44
		12,2	19,0	15,2	15,1	21,3
COHb (%)	Gk (16) x s	1,49 ^a	0,56*	2,1	1,87	-0,18
		0,16	0,57	0,56	0,5	0,45
	E (11) x s	1,66 ^b	0,3	1,96	1,93	-0,04
		0,21	0,72	0,59	0,56	0,64
	Gw (16) x s	1,58	0,39 ⁺	1,97	1,97	0,00
		0,23	0,62	0,51	0,52	0,68
MetHb (%)	Gk (16) x s	0,75 ^a	-0,4*	0,35 ^a	0,29 ^a	-0,06 ^{+a}
		0,21	0,25	0,13	0,09	0,15
	E (11) x s	0,61 ^b	-0,22 ⁺	0,39	0,37	-0,02
		0,2	0,34	0,23	0,21	0,29
	Gw (16) x s	0,66	-0,41*	0,24 ^c	0,38 ^c	0,14 ^{+c}
		0,23	0,21	0,2	0,18	0,27

* $p < 0,01$, ⁺ $p < 0,05$, Mittelwerte in der Zeile signifikant verschieden
ab; ac; de: Mittelwerte Gk vs. E, Gk vs. Gw, E vs. Gw signifikant verschieden

und metabolische Störungen bedingt sein (Lechowski, 1997; Schlerka et al., 1996). Einflüsse durch körperliche Aktivität infolge von Fangen und Fixieren sind offensichtlich bei Tieren der Gk, die die Nähe von Personen und Einwirkungen durch diese nicht gewohnt waren, stärker.

Die mittleren Änderungen der Variablen Hb, Hk, O₂CAP (Tab. 2) der Kälber sind bei den Aufzuchtgruppen E und Gw in Übereinstimmung mit Angaben von Schlerka (1998), diejenigen bei der Gruppe Gk nicht (Tab. 2, Abb. 1), und die individuellen Änderungen erfolgen in

Tab. 4

Korrelationen und Regressionen der Differenzen der Variablen zwischen Kalb und Kuh sowie der Änderungen der Variablen bei 15 LT mit dem Ausgangswert am 1. LT und errechneter X-Wert im Falle $y = 0$, Gruppen nach Haltungvarianten

		Gk (16)	E (11)	Gw (16)
O ₂ CAP (mmol/l)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,434, p =0,0465 y = -0,26x+4,0 x = 15,4	r -0,578, p =0,0312 y = -0,39x+4,15 x = 10,6	r -0,69, p =0,0015 y = -0,3x+2,88 x = 9,6
O ₂ CONT (mmol/l)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,624, p =0,0049 y = -0,45x+2,46 x = 5,5		r -0,566, p =0,0111 y = -0,71x+4,34 x = 6,1
O ₂ SAT (%)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,831, p <0,0001 y = 0,82x+31,66 x = 38,6	r -0,627, p =0,0194 y = -0,82x+33,16 x = 40,4	r -0,704, p =0,0012 y = -0,98x+44,71 x = 45,6
HHb (%)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,83, p <0,0001 y = -0,82x+47,98 x = 58,5	r -0,628, p =0,0193 y = -0,82x+46,81 x = 57,1	r -0,707, p =0,0011 y = -0,99x+51,46 x = 52,0
COHb (%)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,533, p =0,0168 y = -0,45x+0,74 x = 1,6	r -0,59, p =0,0281 y = -0,64x+1,22 x = 1,9	r -0,651, p =0,0032 y = -0,87x+1,72 x = 2,0
MetHb (%)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,801, p <0,0001 y = -0,88x+0,25 x = 0,3	r -0,708, p =0,0074 y = -0,91x+0,34 x = 0,4	r -0,741, p =0,0005 y = -1,03x+0,39 x = 0,4
pH	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,878, p <0,0001 y = -1,11x-8,07 x = 7,270	r -0,913, p <0,0001 y = -1,01x+7,39 x = 7,317	r -0,92, p <0,0001 y = -1,22x+8,94 x = 7,328
PCO ₂ (mmHg)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,952, p <0,0001 y = -1,16x+74,41 x = 64,1	r -0,893, p =0,0001 y = -1,08x+61,51 x = 57,0	r -0,713, p =0,001 y = -0,89x+51,78 x = 58,2
PO ₂ (mmHg)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,794, p <0,0001 y = -0,79x+32,28 x = 40,9	r -0,655, p =0,0143 y = -0,69x+27,76 x = 40,2	r -0,531, p =0,0173 y = -0,96x+42,48 x = 44,3
HCO ₃ (mmol/l)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,766, p =0,0003 y = -0,99x+30,25 x = 30,6	r -0,846, p =0,0005 y = -0,98x+26,55 x = 27,1	r -0,649, p =0,0033 y = -0,86x+26,87 x = 31,2
BE (mmol/l)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,798, p =0,0001 y = -1,03x+4,98 x = 4,83	r -0,863, p =0,0003 y = -0,92x+2,28 x = 2,48	r -0,783, p =0,0002 y = -1,05x+6,3 x = 6,0
RT (°C)	Kalb 1. LT vs. 15 LT - Ka 1. LT	r -0,685, p =0,0017 y = -1,15x+45,29 x = 39,4		r -0,479, p =0,0303 y = -0,93x+36,55 x = 39,3

Abhängigkeit von dem Ausgangswert nach der Geburt unterschiedlich. Abnahmen unterschiedlichen Grades von Hb und Hk sind bei Kälbern mit einem Hb > 12 g/dl und einem Hk > 35 % zum Zeitpunkt der Geburt festzustellen (Abb. 1) und stehen mit dem Wachstum in Beziehung, wie durch eine sichere negative Beziehung zwischen Abnahme von Hb und Wachstumsrate bei Gruppe E bestätigt wird. Die bei dem überwiegenden Anteil der Kälber von Gruppe Gk zu beobachtenden Zunahmen von Hb und Hk bis zum Alter von 15 LT (Abb. 1) sind nicht sicher zu beurteilen. Bei diesen Tieren sind die Wachstumsraten für die ersten Lebenswochen nicht ermittelt worden, bei 60 LT hatten Kälber dieser Gruppe jedoch die kleinsten Zuwachsraten.

Die Sauerstoffbindungseigenschaften werden durch die Hämoglobinvariante sowie durch den Gehalt der Erythrozyten an Diphosphoglycerat (DPG) und Cl und an Protonen (pH-Wert) bestimmt. Fetales Hämoglobin (HbF) der Erythrozyten neugeborener Kälber, dessen Kinetik innerhalb von 6 bis 7 Monaten nach der Geburt dokumentiert ist (Gustin et al., 1997), wird weitgehend durch die bei Adulten vorkommenden Varianten HbA und HbB ersetzt. Die bemerkenswerte Variationsbreite des HbF-Schwundes bei Kälbern ist bisher wenig erklärt und dessen Auswirkung für die O₂-Versorgung der Gewebe wenig untersucht worden. Körperliche Aktivität fördert bei einer bestimmten Intensität den Erythrozytenabbau und damit die Mauerung der Erythrozytenpopulation, stimuliert die Erythropoese über die vermehrte Erythropoietinbildung und hat wahrscheinlich auch einen Einfluss auf die Entwicklungsqualität der Lunge. Über ihre Rolle für die Entwicklung junger Tiere sind für die Tierart Rind keine zuverlässigen quantitativen Angaben zu finden. Die Hämoglobinderivate HHb, O₂Hb und COHb adulter Rinder haben nur minimale spektralanalytische Differenzen zu humanen Hämoglobinderivaten (Zijlstra et al., 1997), was bei Multispektralanalyse zu berücksichtigen ist. Wiederholte Untersuchungen an den gleichen Tieren können jedoch zuverlässige Ergebnisse bringen, die eine Orientierung über die Anpassung ermöglichen. Erhöhte COHb-Anteile sind wahrscheinlich nicht vorrangig auf den erhöhten CO-Gehalt der Luft zurückzuführen, sondern ergeben sich aus Interferenzen mit HbF. COHb änderte sich unterschiedlich bei den Kälbern der drei Aufzuchtvarianten (Tab. 3). Anteile von MetHb, der oxidierten Form des Hämoglobinmoleküls (Ferrihämoglobin oder Methämoglobin), sind von der Aktivität des membrangebundenen Enzyms NADH-MetHb-Reduktase abhängig, welches Fe³⁺ in Fe²⁺ umwandelt. Unterschiedliche Regenerations- und Austauschraten der Erythrozytenpopulationen bei den Kälbergruppen können kausal mit den unterschiedlichen Änderungen des MetHb-Anteils im Alter von 15 LT in Beziehung stehen.

Höhere Niveaus und große interindividuelle Variationen der HF bis zum Alter von 30 LT sowie Effekte der Haltungform sind bekannt (Ermgassen, 1996; Steinhardt et

al., 1997), bemerkenswert ist die unterschiedliche Verringerung der HF bis zum Alter von 15 LT bei den Kälbern der drei Haltungsvarianten. Höhere HF bei Kälbern der Gruppe E können mit einer größeren Stoffwechselintensität und Reaktionsbereitschaft in Verbindung stehen, die durch das zweimalige Nahrungsangebot pro Tag und das Fehlen des rhythmischen Wechsels von lokomotorischen Aktivitätsperioden und Ruheperioden bedingt sein kann. Bemerkenswert ist die Verringerung der HF in dem Altersbereich von 5 bis 7 Tagen, in welchem beträchtliche Abnahmen der Konzentrationen der Schilddrüsenhormone (Alscher, 1989) eintreten und die Trennung der Kreislaufbereiche mit arteriellem und venösem Blut wirksam wird.

Literatur

- Alscher B (1989) Einfluß der normalen Geburt auf den thyroidalen Status neugeborener Kälber und deren Mütter. *Vet med Diss Gießen*
- Amit T, Dibner C, Barkey R J (1997) Characterization of prolactin- and growth hormone-binding proteins in milk and their diversity among species. *Mol Cell Endocrinol* 130: 167-180
- Blum J W, Hadorn U, Sallmann H P, Schuep W (1997) Delaying colostrum intake by one day impairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and a-tocopherol status in neonatal calves. *J Nutr* 127: 2024-2029
- Donovan S M, Mar M -H, Zeisel S H (1997) Choline and choline ester concentrations in porcine milk throughout lactation. *J Nutr Biochem* 8: 603-607
- Ermgassen K (1996) Untersuchungen zu Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. *Vet med Diss, Leipzig*
- Grünberg W, Steinhardt M, Rath D, Niemann H J (1999) Vitalitätskriterien und frühe postnatale Hormonkonzentrationen von Kälbern aus der Mutterkuhhaltung bei verschiedenen Kalbungsbedingungen. In: 1. Gießener Tagung über Neonatologie und Jungtierkrankheiten - Kalb und Ferkel. Tagung der Fachgruppe "Fortpflanzung und ihre Störungen", Gießen, 06.11.1998, Zusammenfassung der Referate, Gießen: DVG, pp 30-33
- Gustin P, Detry B, Robert A, Cao M L, Lessire F, Cambier C, Katz V, Ansay M, Frans A, Clerbaux T (1997) Influence of age and breed on the binding of oxygen to red blood cells of bovine calves. *J Appl Physiol* 82: 784-790
- Hadorn U, Hammon H, Bruckmaier R M, Blum J W (1997) Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *J Nutr* 127: 2011-2023
- Hammon H, 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: 121-128
- Hammon H, 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: 624-632
- Kasari T (1989) Weakness in neonatal calves associated with dystocia. *Agri-Practice-Reproduction* 10: 19-25
- Kling P J, Sullivan T M, Roberts R A, Philipps A F, Koldovsky O (1998) Human milk as a potential enteral source of erythropoietin. *Paediatr Res* 43: 215-221
- Koldovsky O (1995) Do hormones in milk affect the function of the neonatal intestine? *Amer Zool* 35: 446-454
- Koldovsky O, Thornburg W (1987) Hormones in milk. *J Pediatric Gastroenterol Nutr* 6: 172-196
- Kurz M M, Willet L B (1991) Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. *J Dairy Sci* 74: 2109-2118
- Langanke M, Steinhardt M, Bünger U, Fiebig U, Kutschke J, Gollnast I

- (1992) Geburtsschäden an Kälbern und perinatale Kälberverluste in einer großen Milchrindherde. *Tierärztl Prax* 20: 462-468
- Lechowski R (1997) The influence of metabolic acidosis in new-born calves on biochemical profile of the liver. *Comp Haematol International* 7: 172-176
- LeHuerou-Luron I, Gestin M, LeDréan G, Rome V, Bernard C, Chayvialle JA, Guilloteau P (1998) Source of dietary protein influences kinetics of plasma gut regulatory peptide concentration in response to feeding in preruminant calves. *Comp Biochem Physiol* 119A: 817-824
- Naranjo JA, Manas M, Valverde A, Yago MD, Martinez-Victoria E (1997) Exocrine pancreatic secretion in suckling goats. Adaptive effects of maternal milk and a milk substitute. *Arch Physiol Biochem* 105: 190-196
- Perin NM, Clandinin MT, Thomson ABR (1997) Importance of milk and diet on the ontogeny and adaptation of the intestine. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 24: 419-425
- Schlerka G, Baumgartner W und Wehrle A (1996) Über die Aussagekraft des Harn-pH-Wertes für die Beurteilung einer Blutzidose beim durchfallkranken Milchkalb. *Tierärztl Umschau* 51: 96-99
- Steinhardt M, Thielscher H-H (1998) Tiergerechte Haltung und physiologische Funktionen von Tieren. Entwicklungsqualität und Anpassung von Kälbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht in verschiedenen Haltungsverfahren und ihre Beziehung zu metabolischen und hämatologischen Variablen sowie zur Herzschlagfrequenz. *Landbauforsch Völkenrode* 48(3): 118-138
- Steinhardt M, Thielscher H-H (1999) Entwicklungsqualität und Anpassungsreaktionen von Milchrindkälbern in spezifischen Altersperioden während der Aufzucht. Effekte von Haltungsverfahren auf Proteine und Mineralstoffe sowie auf metabolische Variablen des Blutes. *Dtsch tierärztl Wschr* 106: 510-518
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Ermgassen K, Lehr A (1997) Langzeitmessungen in entwicklungs- und verhaltensphysiologischen Untersuchungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel der Herzschlagfrequenz. *SchriftenR des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN)* 9: 47-70
- Steinhardt M, Thielscher H-H, Grünberg W (1999) Geschlechtsspezifische Entwicklung physiologischer Variablen der Kälber während der frühen Aufzucht und Reaktionen der Tiere auf Transport mit Straßenfahrzeugen. *Landbauforsch Völkenrode* 49(1): 21-47
- Zabielski R, Dardillat C, Le Huerou-Luron I, Bernard C, Chayvialle JA, Guilloteau P (1998) 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: 287-296
- Zijlstra WG, Buurisma A (1997) Spectrophotometry of hemoglobin: Absorption spectra of bovine oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin. *Comp Biochem Physiol B - Biochem Molec Biol* 118: 743-749