Hämoglobinkonzentration des Blutes neugeborener Kälber - Einflüsse des Alters des Muttertieres, der Haltungsbedingungen und des Geburtsverlaufes

MARTIN STEINHARDT, HANS-HERMANN THIELSCHER, HEINZ DEHN, TATIANA VON HORN, REIMUND VON HORN und DIEDRICH SMIDT

Institut für Tierzucht und Tierverhalten

1 Einleitung

Einschätzungen von Gesundheit, Leistungsfähigkeit sowie Wohlbefinden der Tiere beruhen häufig auf Verhaltenskriterien sowie auf physiologischen Variablen wie Herzschlagfrequenz, Hämoglobinkonzentration des Blutes (Hb), Eiweiß-, Metaboliten-, Mineralstoff- und Hormongehalt des Blutserums. Kenntnisse über physiologische und pathophysiologische Variationsursachen sind in dieser Hinsicht von praktischer Bedeutung. Hb der Neonaten ist von biologischem und medizinischem Interesse und daher beim Menschen und bei vielen Tierarten intensiv untersucht worden. Rückschlüsse auf die intrauterinen Lebensbedingungen und die Entwicklungsqualität werden ermöglicht, und als wichtige Komponente der aeroben Stoffwechselkapazität (Sauerstofftransportkapazität des Blutes) bestimmt Hb in hohem Maße die Anpassungskapazität an die extrauterine Umwelt und damit auch die Wachstumsleistung der Kälber.

Hb ist bei Kälbern wiederholt untersucht worden (Greatorex, 1954; Hibbs et al., 1963; Kühne, 1986; Mc Murray et al., 1978; Oltner und Berglund, 1982; Rice et al., 1967; Tennant et al., 1974; Tyler and Ramsey, 1991), und die Angaben zum Hb und deren Änderungen in den ersten Lebenstagen weisen auf eine größere Anzahl von Einflußfaktoren hin, die bisher nicht ausreichend eingeschätzt werden können. Dazu gehören unter anderem die von der fetalen Spurenelementausstattung (Fe, Cu) und dem Reifegrad des Fetus abhängige Erythropoeserate, die zeitliche Beziehung zur Geburt und deren Verlauf, die Beziehung zu dem Hb des Muttertieres und der Einfluß von Rasse, Alter, Leistung und Haltungsbedingungen der Muttertiere. Über Anämien (Hibbs et al., 1963), über Plasmakonzentrationen von Fe und Cu sowie larvierter neonataler Eisenmangelanämie der Kälber (Bostedt et al., 1990) und über die Spurenelementausstattung der Kälber und ihre Beziehung zur Blutbildung (Steinhardt et al., 1993a, b, c, d, e) ist berichtet worden. Ein Einfluß durch Alter und Leistung des Muttertieres zeichnete sich bei den Färsen- und Kuhabkalbungen in der Weise ab, daß Kälber von Färsen besser mit Spurenelementen ausgestattet waren als diejenigen von Kühen.

Wir untersuchten in einem größeren Projekt zur Einschätzung der Auswirkungen betriebsspezifisch vorgenommener geburtshilflicher Maßnahmen Hb bei neugeborenen Kälbern und bei ihren Muttertieren unmittelbar nach der Geburt in der Milchrindhaltung und in der Mutterkuhhaltung und prüften die Beziehungen der Meßwerte in verschiedenen Alters- und Geburtsverlaufsgruppen sowie bei verschiedenen Abkalbungsbedingungen.

			Laktationsnummer					
			1	2	3	4	5	>5
Mutter Hb (g/dl)	A	n	62	58	17	19	13	12
		x	12,527	12,516	12,232	12,032	12,531	12,375
		s	1,053	0,986	1,227	1,291	1,096	0,762
		min	10,40	10,50	10,60	9,20	11,05	11,55
		max	16,50	14,80	15,75	13,90	14,10	13,70
	B	n	25	11	12	4	5	10
		x	12,58[a]	12,79[a]	14,03[b]	12,45[a]	12,20[a]	12,63[a]
		s	1,01	1,00	1,12	1,01	0,74	1,44
		min	10,6	11,0	11,8	11,1	10,9	10,9
		max	15,1	14,5	15,5	13,4	12,7	14,6
Kalb Hb (g/dl)	A	n	62	58	17	19	13	12
		x	10,400[a]	11,192[b,c]	11,982[c]	11,226[b,c]	12,535[c]	11,633[c]
		s	1,621	1,843	1,586	1,863	1,686	1,441
		min	5,75	5,30	8,35	6,55	9,85	8,60
		max	13,90	16,00	14,40	14,20	15,30	13,30
	B	n	25	10	13	4	5	10
		x	11,28	11,98	12,08	11,60	11,98	13,12
		s	1,53	2,28	2,32	2,32	2,59	1,55
		min	8,3	9,4	8,0	8,2	9,5	11,2
		max	15,6	16,2	16,2	13,4	15,3	15,3
Hb Ka-Hb Mu (g/dl)	A	n	62	58	17	19	13	12
		x	-2,127[a]	-1,323[b,c]	-0,250[c]	-0,805[b,c]	0,004[c]	-0,742[b,c]
		s	2,023	2,063	1,640	2,003	2,177	1,859
		min	-8,45	-7,95	-3,40	-4,25	-3,25	-4,25
		max	1,60	3,60	2,40	3,00	3,30	1,40
	B	n	25	10	12	4	5	10
		x	-1,30	-0,85	-1,79	-0,85	-0,22	0,49
		s	1,56	2,08	2,27	1,40	2,38	1,40
		min	-3,6	-3,1	-6,0	-2,9	-3,1	-0,9
		max	3,6	4,2	1,8	0,1	2,6	3,6

a,b,c Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht unterschiedlich

Tabelle 1: **Hämoglobinkonzentration des Blutes (Hb) bei Muttertieren und ihren Kälbern und deren Differenz nach der Geburt, Gruppen nach Laktationsnummern, Milchrinder in Anbindehaltung (A) und in Mutterkuhhaltung (B), Statistiken**

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Milchrindherde (Holstein Friesian, Deutsche Schwarzbunte, Deutsche Rotbunte) und der Mutterkuhherde (Deutsche Schwarzbunte, Deutsche Rotbunte) des Institutes während der Abkalbeperiode von September bis April vorgenommen. Die Milchrindherde befindet sich an zwei Standorten in Anbindehaltung, eine Herde nur Holstein Friesian, eine Herde aus Vertretern der 3 Rassen. Die Abkalbungen erfolgen in der Stallreihe. Die Mutterkuhherde wird in Laufboxen gehalten, eine davon mit Stroheinstreu, eine andere mit Spaltenboden und Liegeflächen, die mit Gummimatten versehen sind. Die Abkalbungen können hier in 4 in einem separaten Stallbereich gelegenen Abkalbeboxen mit Stroheinstreu erfolgen, in welchen die Muttertiere und ihre Nachkommen für 4 bis 6 Tage verbleiben. Von Mai bis Oktober befinden sich die Tiere in Weidehaltung (Umtriebsweide, Portionsweide) und während der übrigen Zeit in Stallhaltung (Fütterung mit Gras- und Maissilage, Konzen-trat-futtermittel). Mineralstoffe werden über Leckschalen und als Pulver über das Grundfutter angeboten. Die Jahresleistung der Milchrinder liegt zwischen 6.000 und 10.000 l. Die Abkalbungen sind sorgfältig und zum Teil mit Hilfe von Videotechnik kontrolliert und registriert worden. Sie sind nach dem Verlauf in spontane, solche mit leichter Zughilfe (1 oder 2 Personen) und Geburten mit starker Zughilfe (mehr als zwei Personen oder Geburtshelfer) eingeteilt worden.

Blutproben wurden von den Muttertieren und von ihren Kälbern unmittelbar nach der Geburt und von den Kälbern auch 24 Std. und 48 Std. nach der Geburt aus der Vena jugularis nach leichter Stauung gewonnen, in Monovetten aufgenommen und im Kühlbehälter bis zur weiteren Bearbeitung gelagert. Die Zeiten der Geburt und der Messungen sind exakt protokolliert worden, so daß die Zeitbeziehungen geprüft werden konnten. Die Hämoglobinkonzentration des Blutes (Hb) ist mit dem AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments Graz, Österreich, oder nach der Zyanhämoglobinmethode bestimmt worden. Bei der Bearbeitung der Ergebnisse wurden die Varianzanalyse und die Korrelations- und Regressionsrechnung angewendet.

3 Ergebnisse

3.1 Hämoglobinkonzentration bei Kälbern und Kühen in verschiedenen Laktationen (Tabelle 1)

Die Mittelwerte von Hb der Muttertiere in verschiedenen Laktationen sind nicht unterschiedlich bei Milchrindern in Anbindehaltung und in Mutterkuhhaltung. Eine Ausnahme bilden die Mutterkühe in der 3. Laktation in Mutterkuhhaltung.

Bei neugeborenen Kälbern der Primigravidae ist der Mittelwert von Hb kleiner als bei den übrigen Kälbern.

Kleine Differenzen von Hb zwischen Kalb und Muttertier (Tabelle 1) sind häufiger bei den Kälbern von Muttertieren in der ersten und zweiten Laktation als bei den übrigen Kälbern. Wird die Verteilung der Differenzen von Hb bei Tieren der ersten und zweiten Laktation gegenüber derjenigen der übrigen Laktationen geprüft, so lassen sich bei den Milchrindern gesicherte Unterschiede nachweisen, bei den Mutterkühen jedoch nicht (Abbildung 1). Die Mittelwerte von Hb bei den Muttertieren in der ersten und zweiten sowie in höheren Laktationen und diejenigen von ihren Kälbern und die Differenzen sind in Tabelle 2 angegeben.

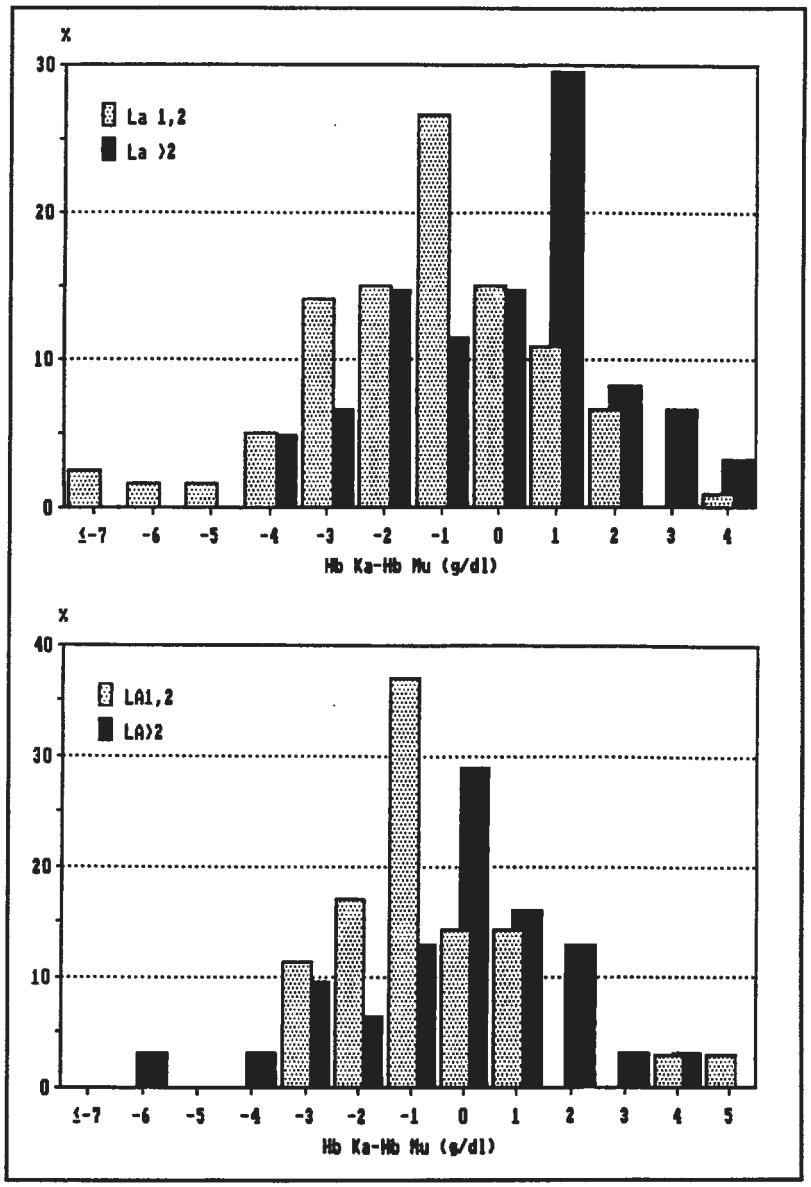

Abbildung 1: **Häufigkeitsverteilung der Differenzen der Hämoglobinkonzentration zwischen neugeborenem Kalb und Muttertier bei Tieren in der ersten und zweiten Laktation und in höheren Laktationen, Milchrinder in Anbindehaltung (oberer Teil), Mutterkuhhaltung (unterer Teil)**

Unterschiede der Mittelwerte bei Tieren in der ersten und zweiten Laktation sind bei der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter deutlich. Bei den Tieren mit höheren Laktationsnummern sind die Mittelwerte der Milchrinder und ihrer Kälber kleiner als diejenigen der Mutterkühe und ihrer Kälber.

3.2 Korrelationen und Regressionen der Hämoglobinkonzentration des Blutes des Kalbes und des Muttertieres (Abbildungen 2 bis 4)

Zwischen Hb des Muttertieres (X) und Hb des Kalbes (Y) konnte bei Milchrindern in Anbindehaltung keine direkte Beziehung nachgewiesen werden. Bei den Mutterkühen ließen sich dagegen schwache Beziehungen aufzeigen (Laktationen 1 und 2: N = 35, r = 0,352, p = 0,0191, y = 0,617x + 3,67; Laktationen > 2: N = 31, r = 0,332, p = 0,0342, y = 0,513x + 5,69). Für die Differenz Hb Kalb - Hb Mutter ließ sich eine gesicherte Korrelation mit dem Hb des Muttertieres und besonders auch mit dem Hb des Kalbes bei den Milchrindern in Anbindehaltung nachweisen (Abbildungen 2 und 3). Bei den Rindern in Mutterkuhhaltung konnte zwischen Hb der Mutter und der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter eine schwache Korrelation (N = 31, r = -0,317, p = 0,0415, y = -0,487x + 5,69) für die Tiere mit der Laktationsnummer > 2 gefunden werden. Hb der Kälber hatte mit der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter auch bei den Kälbern der Mutterkühe eine sehr enge Korrela-

			Geburt Mutter	Geburt Kalb	Hb Ka-Hb Mu	24 Std. Kalb	48 Std. Kalb
La 1,2 Hb (g/dl)	A	n	120	120	120	120	120
		x	12,522	10,783	-1,739	9,938	9,568
		s	1,017	1,770	2,074	1,776	1,787
		min	10,40	5,30	-8,45	5,45	4,75
		max	16,50	16,00	3,60	14,60	13,90
	B	n	36	35	35	35	35
		x	12,64	11.48	-0,732	9,97	9,70
		s	1,00	1,77	1,066	1,64	1,62
		min	10,6	8,3	-2,27	7,2	7,2
		max	15,1	16,2	2,65	14,2	14,0
La >2 Hb (g/dl)	A	n	61	61	61	61	61
		x	12,261	11,796	-0,466	10,621	10,307
		s	1,133	1,702	1,902	1,625	1,806
		min	9,20	6,55	-4,25	5,90	6,30
		max	15,75	15,30	3,30	13,90	14,80
	B	n	31	32	31	31	32
		x	13,08	12,33	-0,431	11,29	10,95
		s	1,37	2,12	1,303	1,96	2,05
		min	10,9	8,0	-3,70	7,0	7,2
		max	15,5	16,2	2,26	14,6	15,0

Tabelle 2: **Hämoglobinkonzentration des Blutes bei Muttertieren und ihren Kälbern und deren Differenz, Gruppen nach der Laktationsnummer 1, 2 und größer 2, Milchrinder in Anbindehaltung (A) und Mutterkühe (B), Statistiken**

			Geburtsverlauf Spontan	leichte Zughilfe	starke Zughilfe
HbKa-HbMu (g/dl)	A	n	112	41	23
		x	-1,198[a]	-0,874[a]	-2,787[b]
		s	2,118	1,591	2,425
		min	-8,45	-4,30	-7,90
		max	3,00	1,90	3,00
	B	n	33	18	14
		x	-0,77	-0,64	-1,56
		s	1,96	2,02	1,48
		min	-6,0	-3,0	-4,3
		max	3,6	4,2	0,5

a, b Mittelwerte mit gleichen Buchstaben nicht unterschiedlich

Tabelle 3: **Differenz zwischen Hämoglobinkonzentration des Blutes des Kalbes und des Muttertieres nach der Geburt, Gruppen nach dem Geburtsverlauf, Milchrinder in Anbindehaltung (A) und in Mutterkuhhaltung (B), Statistiken**

Tabelle 4: **Korrelationen und Regressionen der Differenz zwischen Hämoglobinkonzentration des Blutes des Kalbes und des Muttertieres nach der Geburt und dem Hb des Muttertieres (HbMu) sowie dem Hb des Kalbes (HbKa), Gruppen nach dem maternalen Hb, Milchrinder in Anbindehaltung**

	Hb 1 (9,0-11,5 g/dl) (32)	Hb 2 (11,6-13,5 g/dl) (120)	Hb 3 (13,6-16,0 g/dl) (27)
HbMu-Diff. HbKa-HbMu	-	r = -0,317 p = 0,0002 y = -1,18x+13,5 y = 0; x = 11,44	r = -0,555 p = 0,0014 y = -1,7x+20,8 y = 0; x = 12,25
HbKa-Diff. HbKa-HbMu	r = 0,952 p < 0,0001 y = 0,92x-10,2 y = 0; x = 11,05	r = 0,963 p < 0,0001 y = 1,01x-12,6 y = 0; x = 12,42	r = 0,949 p < 0,0001 y = 1,1x-15,3 y = 0; x = 13,9

tion (Abbildung 4). Die mit Hilfe der Regression errechneten X-Werte im Falle Y = 0 sind in der Legende zu den Abbildungen angegeben.

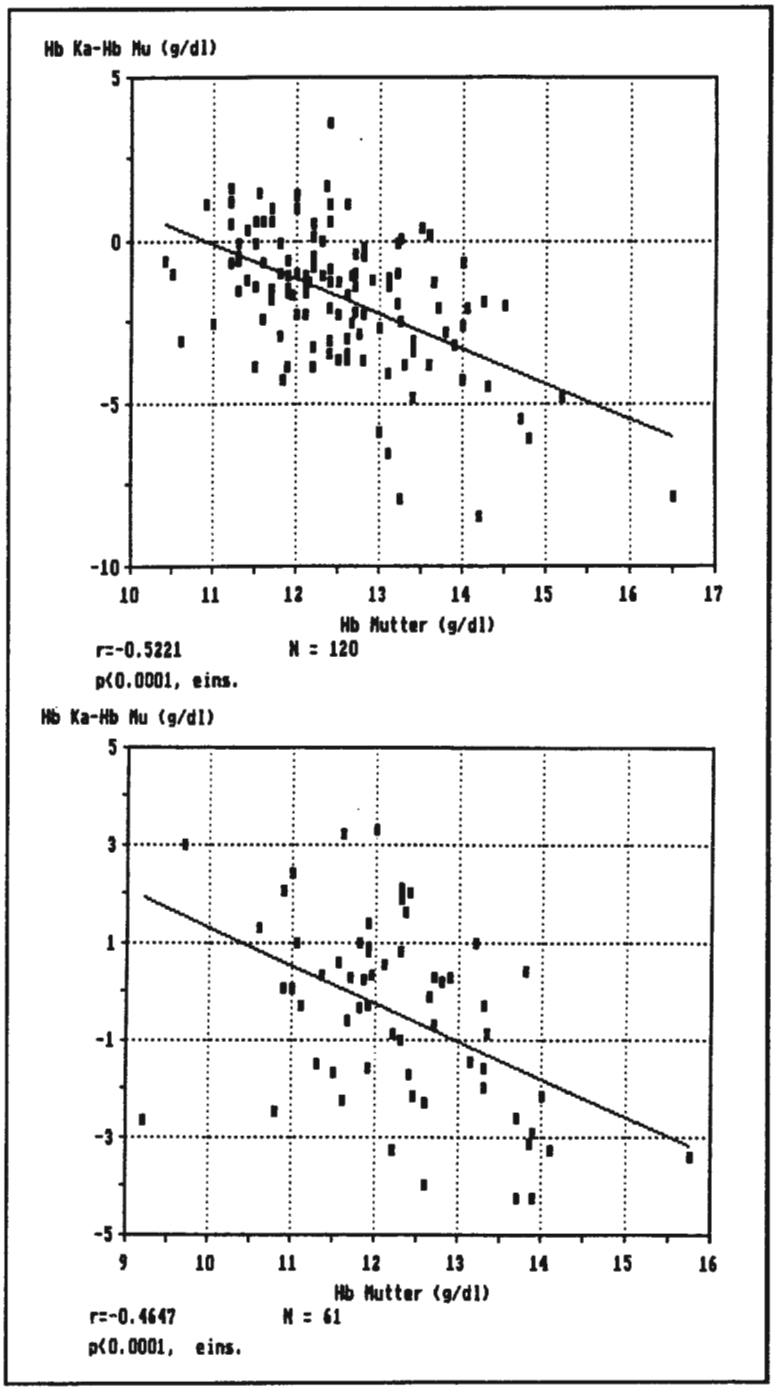

Abbildung 2: **Korrelation und lineare Regression zwischen Hämoglobinkonzentration des Muttertieres und der Differenz der Hämoglobinkonzentration Hb Kalb - Hb Mutter, Einzelwerte, oberer Teil: Milchrinder Laktation 1; 2, y = -1,07x + 11,59, Y = 0; X = 10,89, unterer Teil: Milchrinder Laktation >2, y = -0,78x + 9,1, Y = 0; X = 11,66**

4 Diskussion

Die Hämoglobinkonzentration des Blutes und die Gesamthämoglobinmenge sind wichtige Komponenten der aeroben Stoffwechselkapazität des Tieres. Sie bestimmen die lineare Beziehung zwischen Herzminutenvolumen (ml/kg • min) und Sauerstoffaufnahme (VO2, ml/kg • min) und auch deren Maximalwert (VO2max, ml/kg • min). Sie werden den Anforderungen innerhalb kurzer Zeit angepaßt, wenn alle Voraussetzungen für die ausreichende Erythrozytenbildung gegeben sind. Als die Hämoglobinbildung begrenzende Faktoren sind Fe, Cu, Co und Vitamin B12 bekannt.

Auf die Variationsursachen von Hb nach der Geburt, auf die regenerative Kapazität der Blutbildungsorgane und deren Beziehung zur Wachstumsrate der Kälber und auch auf die Auswirkungen dieser Entwicklungsprobleme auf die Anpassungs- und Leistungsfähigkeit der Tiere ist bisher nicht ausreichend eingegangen worden. Eine vorrangige Berücksichtigung alleine des Spurenelementbestandes und -stoffwechsels (z. B. Fe, Cu) kann nur zu einer unvollkommenen Bearbeitung der wissenschaftlich und praktisch interessanten Fragestellungen führen.

Bei trächtigen Muttertieren sind die Versorgung mit diesen Stoffen über das Futter, die Körperbestände derselben und die Verlustrate der Stoffe in Beziehung zur Aufnahmerate bei spezifischen Funktionszuständen für deren Einfluß auf die Hämoglobinbildung von Bedeutung. Im allgemeinen werden Einflüsse durch Mangel an diesen Stoffen und der Reduzierung des Körperbestandes sowie durch Störungen des Stoffwechsels über größere Zeiträume wirksam, und die sich entwickelnde Frucht ist so ausgestattet, daß sie sich die notwendigen Stoffe verfügbar machen kann. Hb wird häufig als diagnostische Meßgröße für die Blutbildung verwendet, obwohl es durch Änderungen des Erythrozytenvolumens (Gesamtmenge der Erythrozyten) und durch solche des Plasmavolumens beeinflußt werden kann. Die bemerkenswerte Variation von Hb bei neugeborenen Kälbern (Tabelle 1, Abbildungen 3 und 4), die auch aus anderen Arbeiten hervorgeht (Bünger et al., 1982; Kühne 1986, Tyler and Ramsey, 1991), kann zum Teil durch die vorliegenden Untersuchungen erklärt werden. Anpassung der Erythrozytenbildung des Fetus an die intrauterinen Lebensbedingungen, die bei einigen Milchrindern offensichtlich interessante physiologische oder pathophysiologische Zustände erreichen können, und Geburtsverlauf haben einen Einfluß auf Hb bei neugeborenen Kälbern.

Kleine Hb und die größten Differenzen von Hb zwischen Kalb und Muttertier bei Tieren in der ersten und bei Milchrindhaltung auch in der zweiten Laktation legen die Vermutung nahe, daß bei diesen Tieren Kalbungen mit größeren Belastungen für Kuh und Kalb häufiger als bei den übrigen Altersklassen sind

und ein Zusammenhang damit bestehen könnte. Wie in Abbildung 6 und Tabelle 3 zu sehen ist, sind negative Differenzen von Hb bei Milchrindern in Anbindehaltung häufiger bei spontanen Geburten und bei Geburten mit starker Zughilfe, und der Mittelwert dieser Differenz ist bei letzterer Gruppe gesichert größer. In der Mutterkuhhaltung sind solche Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt. Hervorzuheben ist, daß die größten Hb beim Kalb und die kleinsten Differenzen von Hb zwischen Kalb und Muttertier bei Geburtsverläufen mit leichter Zughilfe und umgekehrte Verhältnisse bei Geburtsverläufen mit starker Zughilfe festgestellt werden konnten. Neugeborene Kälber aus spontanen Geburten wiesen die größte Variation der Differenzen von Hb zwischen Kalb und Muttertier auf und sind wahrscheinlich hinsichtlich der Effizienz der homöostatischen Regulation eine sehr inhomogene Gruppe.

Der Geburtsverlauf beeinflußt Erythrozytenmenge und Hb der neugeborenen Tiere, da sich ein Anteil des fetalen Blutvolumens (etwa ein Drittel) in der Plazenta befindet und davon einiges durch die placentofetale Transfusion im Verlaufe der Geburt in das neugeborene Tier gelangen kann. Dies wird vorrangig durch die hydrostatischen Bedingungen (Lage von Muttertier und Kalb), Kontraktion des Uterus, Länge und Zeitpunkt der Ruptur des Nabelstranges, Gefäßtonus und Blutdruck des Neugeborenen beeinflußt. Die Einschränkung und Unterbrechung der Sauerstoffversorgung für den Fetus, die Kohlendioxid- und Laktatanreicherung in dessen Blut sind mit einem pH-Wert-Abfall und mit Anstiegen der Katecholaminkonzentration verbunden und beeinflussen damit auch die Blutgefäßreaktionen. Zwischen pH-Wert und Katecholaminkonzentration (Jones and Robinson, 1975) und zwischen fetalem Sauerstoffpartialdruck und adrenaler Noradrenalinfreisetzungsrate (Cohen et al., 1984) in experimentellen Untersuchungen an Schafen und nach verschiedenen Geburtsverläufen beim Menschen (Blouquit et al., 1978) sowie bei neugeborenen Kälbern zwischen venösem pH-Wert und Noradrenalinkonzentration (Aurich et al., 1992; Diehl, 1990; Hammerl und Rüsse, 1990; Rausch et al., 1989) konnten enge Beziehungen aufgezeigt werden. Kühne (1986) konnte keine Beziehung zwischen Hämatokritwert der Kälber und jenem der Muttertiere nachweisen, jedoch waren die Hämatokritwerte der Kälber unmittelbar nach der Geburt größer als jene der Muttertiere. Bostedt et al. (1990) fanden bei protrahierten Geburtsverläufen einen extremen Anteil präanämischer Kälber.

Hb unmittelbar nach der Kalbung hatte bei Muttertieren unterschiedlichen Alters und in verschiedenen Haltungsformen keine auffälligen Unterschiede der Mittelwerte, jedoch in einigen Altersgruppen größere Standardabweichungen (Tabelle 1). An Erythrozytenbildung und Plasmavolumenregulation werden bei Milchrindern im Verlaufe der Reproduktionszyklen infolge der Überlagerung von Laktation und Trächtigkeit und des Wechsels von Stall- und Weidehaltung (körperliche Aktivität, Klimawirkungen) große Anforderungen gestellt, die in Abhängigkeit von Alter, Trächtigkeitsstadium und Laktationsleistung individuell sehr unterschiedlich bewältigt werden können. Insuffiziente Anpassung des maternalen Blut- und

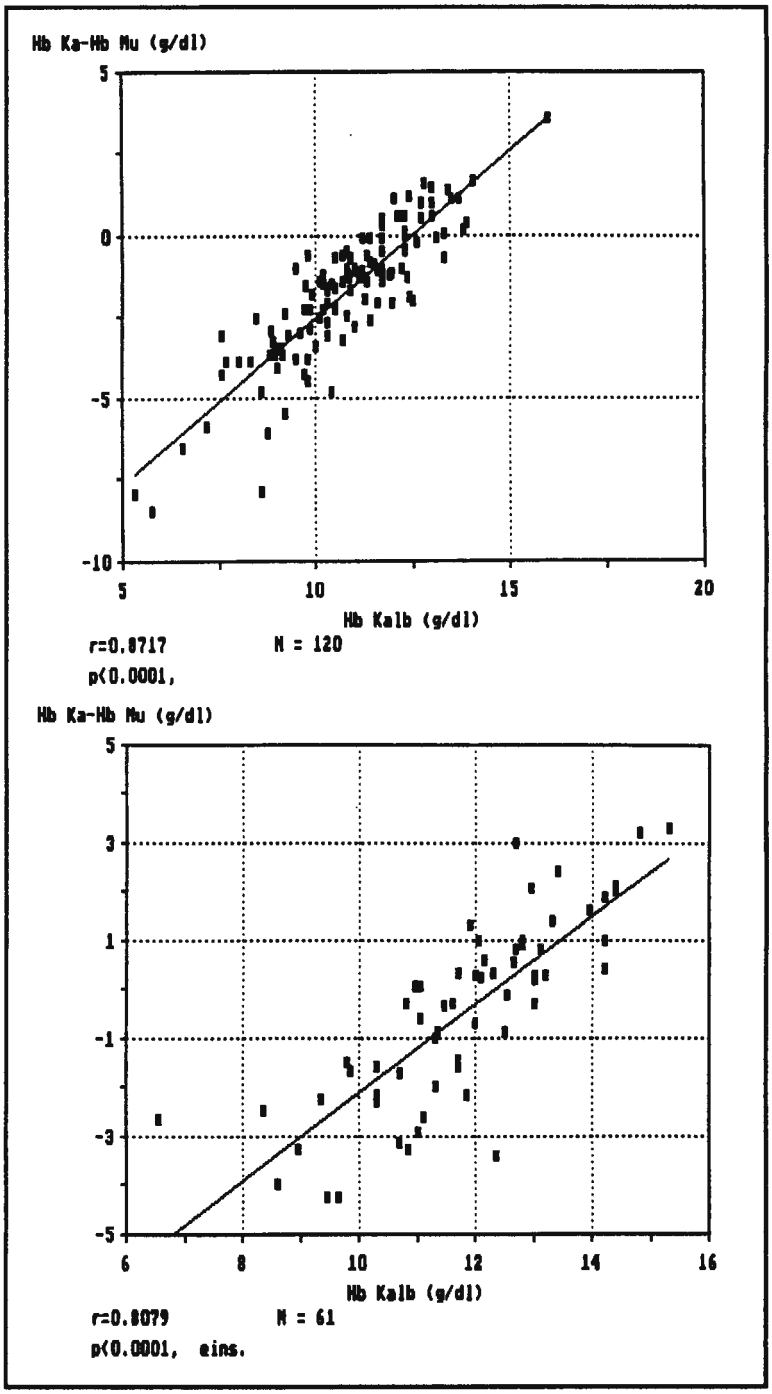

Abbildung 3: **Korrelation und lineare Regression zwischen Hämoglobinkonzentration des Kalbes und der Differenz der Hämoglobinkonzentration Hb Kalb - Hb Mutter, Einzelwerte, oberer Teil: Milchrinder Laktation 1; 2, y = 1,02x -12,75, Y = 0; X = 12,49, unterer Teil: Milchrinder Laktation >2, y = 0,903x -11,11, Y = 0; X = 12,31**

Plasmavolumens (Daniel et al., 1989; Jonsson et al., 1992) kann Auswirkungen auf die Entwicklung der Nachkommen zur Folge haben. Eine bemerkenswerte interindividuelle Variation und hohe Individualspezifität von Hb bei Milchrindern (Steinhardt et al., 1994; 1996) und hohe Hb im peripartalen Zeitraum (Bostedt et al., 1974) sind beschrieben worden. Dies und die negativen Beziehungen zwischen maternalem Hb und der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter sprechen dafür, daß der Laktationsleistung und Gravidität adäquate Änderungen des Plasmavolumens und Erythrozytenvolumens und deren Regulationsfähigkeit eine größere Bedeutung zuzukommen scheint als defizitären Erythropoesestörungen.

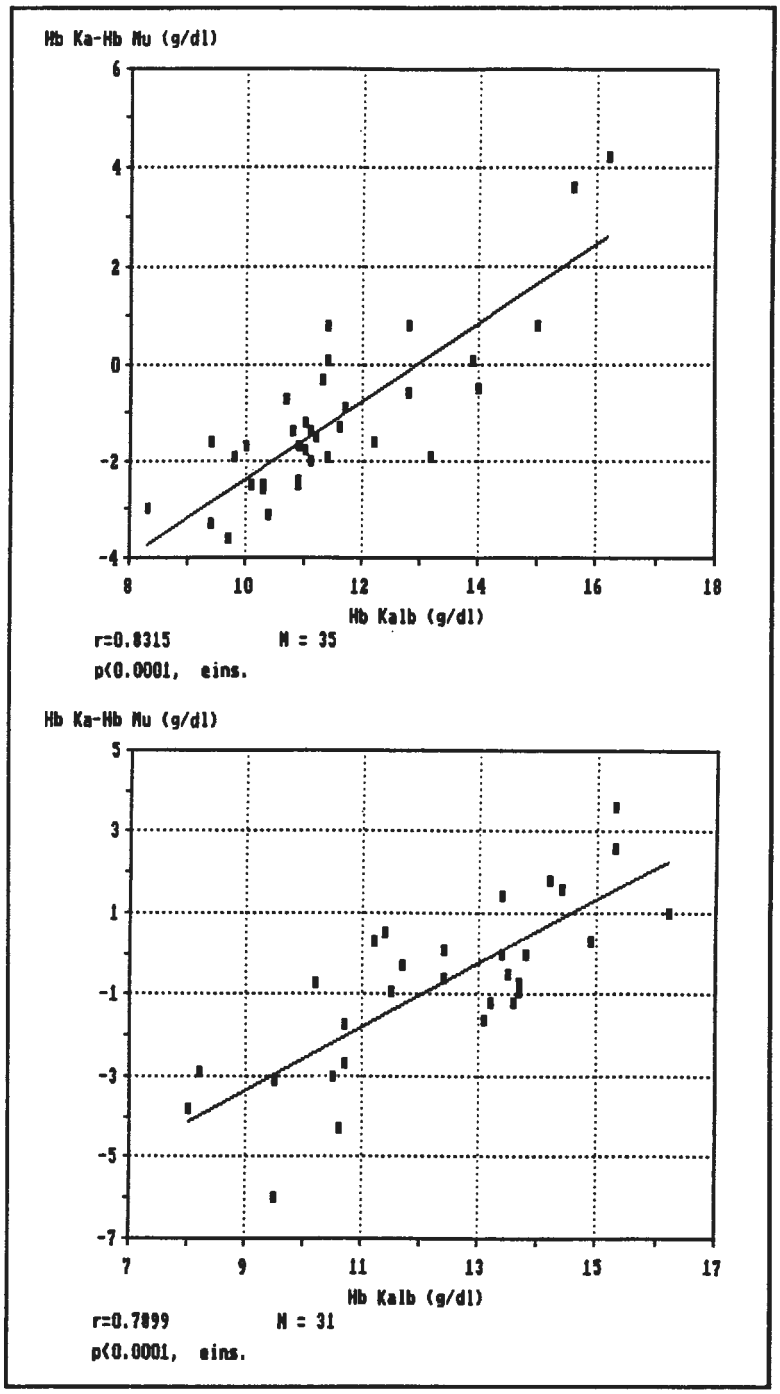

Abbildung 4: **Korrelation und lineare Regression zwischen Hämoglobinkonzentration des Kalbes und der Differenz der Hämoglobinkonzentration Hb Kalb - Hb Mutter, Einzelwerte, oberer Teil: Mutterkühe Laktation 1; 2, y = 0,799x -10,35; Y = 0; X = 12,95, unterer Teil: Mutterkühe Laktation >2, y = 0,79x -10,42, Y = 0; X = 13,27**

Maternales Hb und Körpermasse der Neugeborenen stehen in enger Beziehung bei normalen Graviditäten (Sagen et al., 1984; Steer et al., 1995), und dies kann in erster Annäherung in den vorliegenden Untersuchungen bei Milchrindern in Anbindehaltung aufgezeigt werden (Abbildung 6). Bei höheren maternalen Hb-Bereichen sind mittlere Geburtsmassen häufiger und kleinere und sehr große Geburtsmassen weniger häufig. Korrelationen und Regressionen zwischen maternalem Hb und der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter sind in hohen maternalen Hb-Bereichen stärker ausgeprägt (Tabelle 4) als in niedrigeren. Während der Gravidität wird die Erythropoese infolge vermehrter Erythropoietin(EPO)-bildung (Carretti et al., 1993; Cotes, 1983; Howells et al., 1986; Jelkmann, 1986; Schuster und Caro, 1993) gesteigert, und es nehmen die Erythrozytenmenge und der Anteil junger Erythrozyten, die auch eine kürzere Lebenszeit haben können (Lurie and Danon, 1992; Lurie, 1993), an der Gesamtmenge zu. Zwischen Hb und EPO besteht bei Müttern eine Beziehung (Huch and Huch, 1993; Riikonen et al., 1994). Die beschleunigte Erythropoese beginnt bereits frühzeitig mit der Entwicklung der Gravidität und wird bis zum Ende derselben noch gesteigert, wobei sie Grade einer sogenannten "emergency hematopoiesis" erreichen kann. Höhere Serumeisenwerte bei Kühen in der zweiten Laktation (Steinhardt et al., 1996) gegenüber den übrigen deuten auf eine beschleunigte Erythrozytenbildung und erhöhten Erythrozytenumsatz hin.

Die Hämoglobinsynthese als fundamentale Komponente der Erythropoese wird im Falle der sogenannten "emergency hematopoiesis" so beeinflußt, daß sich die Hämoglobinvariantenkomposition in den zirkulierenden Erythrozyten ändert, und dies könnte als sicheres Zeichen einer beschleunigten Erythropoese genutzt werden. Die initialen Proliferationsschübe enthalten Retikulozyten mit einem hohen Prozentsatz an fetalem Hämoglobin (HbF). Ein neuer Typ von Hämoglobin, als Hb C bezeichnet, ist bei einigen Wiederkäuern, die schwerer Anämie, Hypoxie oder i. v. Injektionen von Erythropoietin unterzogen wurden, nachgewiesen worden (Benz, 1980/81). Derartige Änderungen der Erythrozyteneigenschaften beeinflussen das Sauerstoffbindungsverhalten des maternalen Blutes. Für die Tierart Rind liegen dazu kaum Untersuchungen vor. Die Anpassung an die Gravidität soll bei Schafen mit unterschiedlichen Hb-Varianten, die sich in den Sauerstoffbindungseigenschaften unterscheiden, im allgemeinen ausreichend

erfolgen, so daß die Sauerstoffversorgung der Frucht gesichert ist (Wilkening et al., 1988).

Durchblutung des Uterus, Sauerstoffgehalt des Blutes und O_2-Bindungseigenschaften des Hämoglobin bestimmen die Sauerstoffversorgung sowie Wachstum und Entwicklung der Fruchthüllen und der Frucht. Der Blutfluß zum Uterus wird im Verlaufe der Gravidität ständig größer, pro Mengeneinheit nimmt er kontinuierlich ab (Bjellin et al., 1975; Reynolds et al., 1986; Reynolds and Ferrell, 1987), so daß die regulatorische Kapazität kleiner wird. Einschränkungen des uterinen Blutflusses oder der Sauerstofftransportkapazität des maternalen Blutes führen dann unmittelbar zu hypoxischen Zuständen beim Fetus. Außergewöhnliche Belastungen des Muttertieres lassen die Frucht häufiger für kürzere oder längere Perioden in eine nicht ausreichende Sauerstoffversorgung geraten. Solche Situationen im geburtsnahen Zeitraum können größere körperliche Aktivität (Manipulationen am Tier, Umstallung, Transport) oder Wärmeregulationsleistungen und Beeinträchti-gungen der Sauerstofftransportkapazität durch Verringerung des Hb (toxische Stoffe) oder Blockade des Hämoglobins (Kohlenmonoxid, Methämoglobin) sein. Eine besondere Rolle könnte die infolge chronischer Nitratbelastung und/oder anderer Faktoren verursachte Methämoglobinbildung spielen, die eine Stimulierung der Erythrozytenbildung veranlaßt (Jainudeen et al., 1964).

Die Sauerstoffversorgung des Fetus ist eine Funktion des Nabelblutflusses und des O_2-Gehaltes des Nabelblutes, welche von der maternalen Durchblutung der Plazenta abhängig ist (Goplerud and Delivoria - Papadopoulos, 1985). Sie wird auch beeinflußt durch die O_2-Bindungseigenschaften des Hb und den fetalen Hämatokrit, und der größte Teil der Organe des Fetus hat eine maximale O_2-Versorgung bei Hämatokritwer-ten zwischen 32 und 38 % (Fumia et al., 1984; Tenenbaum et al., 1983). Schaffeten hatten Hb von 9 bis 10,5 g/dl und Hk von 30 bis 34 % und reagierten auf Hypoxie des Muttertieres sofort mit gesteigerter Erythrozytenbildung und Vergrößerung von Hb auf 12 bis 14 g/dl und Hk auf 38 bis 44 % (Bard and Fouron, 1988; Daniel et al., 1989; Kitanaka et al., 1989a; b). Erhöhte umbilikale EPO-Konzentrationen sind Anzeichen einer längerbestehenden fetalen Hypoxie (Huch and Huch, 1993; Maier et al., 1993), und sie führen oft zur Entwicklung einer kompensatorischen Polycythämie, die Blutfluß und O_2-Versorgung der Organe unterschiedlich beeinflußt (Fumia et al., 1984; Tenenbaum et al., 1983) und auch ein disproportionales Körperwachstum fördert. Ein placentaler Transfer von EPO wird bisher für wenig wahrscheinlich gehalten. Die hochsignifikante Korrelation zwischen der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter zu dem Hb des Kalbes spricht dafür, daß Hb des Fetus empfindlich auf die Sauerstoffversorgung über die Plazenta und auch auf Hb des Muttertieres reagiert. Die Korrelation dieser Differenz Hb Kalb - Hb Mutter zum Hb des Muttertieres bei den Milchrindern ist ein Ausdruck dafür, daß Variationen der vorher genannten maternalen Faktoren bei diesen ein größeres Ausmaß haben als bei den Tieren in Mutterkuhhaltung, bei welchen schwache Korrelationen nur bei Tieren in höheren Laktationen gefunden werden konnten. Die physische Kondition der Muttertiere in Laufboxenhaltung könnte diesbezüg-

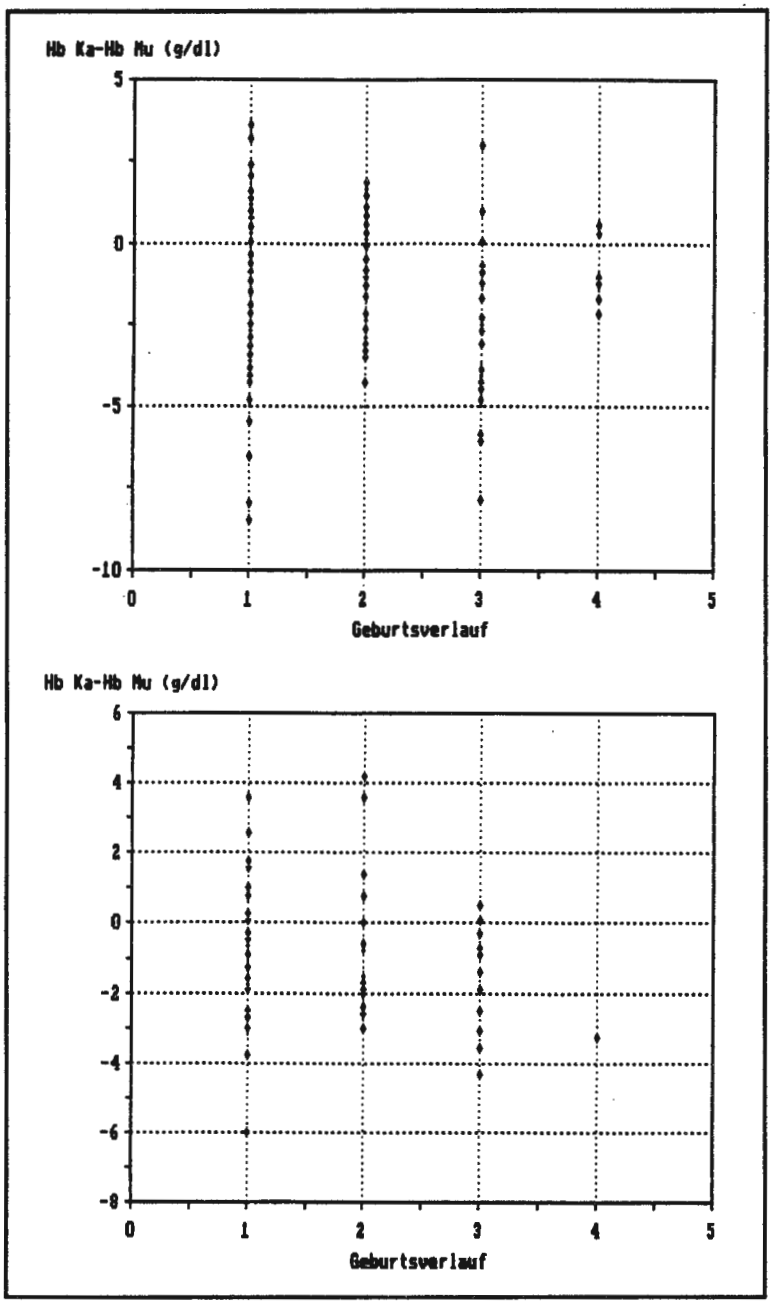

Abbildung 5: **Differenzen der Hämoglobinkonzentration des Blutes zwischen neugeborenem Kalb und Muttertier (Hb Ka - Hb Mu), Gruppen nach dem Geburtsverlauf, Einzelwerte, Milchrinder in Anbindehaltung (oberer Teil) und Mutterkuhhaltung (unterer Teil), 1 = Spontangeburt, 2 = Geburt mit leichter Zughilfe, 3 = Geburt mit starker Zughilfe, 4 = Kaiserschnitt**

lich eine Rolle spielen. Hierzu wären weitere Untersuchungen bei Rindern in verschiedenen Alters- und Leistungsstadien notwendig.

Der fetale O_2-Verbrauch kann teilweise langsam gesteigert und vermindert werden, und solange die Einschränkung der O_2-Versorgung nicht plötzlich und hochgradig ist, kann es über längere Zeiträume Auswirkungen hinsichtlich der fetalen Wachstumsrate und damit auf das Geburtsgewicht geben (Anderson et al., 1986). Die maternale Hämoglobinkonzentration hatte beim Menschen eine enge Beziehung zum Geburtsgewicht bei normalen Schwangerschaften (Sagen et al., 1984; Steer et al., 1995). Bei hypoxischen Feten konnte ausschließlich fetales Hämoglobin HbF festgestellt werden, während bei Vergleichstieren im Gestationsalter von 130 bis 138 Tagen auch schon die Bildung von adultem Hb nachzuweisen war (Mostello et al., 1991). Die Erythrozyten neugeborener Kälber sind charakterisiert durch Persistenz des HbF, welches innerhalb von 6 bis 7 Monaten nach der Geburt graduell verschwindet (Jelic et al., 1981) und komplett ersetzt wird durch die bei adulten vorkommenden Varianten HbA und HbB (Schalm, 1986). Die beschleunigte Erythropoese führt auch bei Kälbern zur Produktion verschiedener Hb-Varianten (Harper et al., 1994), wobei der Anteil von HbA, welches bei diesen Tieren der vorherrschende Hb-Typ war, kleiner wurde und der anderer Varianten (HbC, HbF) zunahm. Die durch vorher genannte Bedingungen verursachte Persistenz der HbF-Bildung kann wegen der Sauerstoffbindungseigenschaften nachteilig für die Anpassungsfähigkeit der neugeborenen Tiere sein, da die Beladung mit Sauerstoff in der Lunge gefördert, die Abgabe im Gewebe jedoch verzögert wird (Kohzuki et al., 1994).

Gegen Ende des intrauterinen Lebens ist die Erythrozytenbildungsrate infolge großer Körperwachstumsraten offensichtlich in vielen Fällen schon maximal und die Knochenmarkreserve für die Erythrozytenbildung möglicherweise ausgeschöpft. Die Plasmavolumenregulationsfähigkeit ist bei Feten und Neugeborenen gut entwickelt (Block et al., 1989; Brace, 1983; Shields et al., 1993; Simpson and Stephenson, 1993), und Einstellungen des Bestandes haben einen größeren Zeitbedarf von einigen Stunden. In diesem Entwicklungsstadium der Tiere haben die Erythrozyten eine verkürzte Lebensdauer (Schaf: Moritz et al., 1992; Schwein: Roth, 1976), und stabile Hb und Hk durch Zellen mit einer kurzen Lebenserwartung aufrechtzuerhalten, erfordert einen erhöhten Umsatz des Zellbestandes. Durch experimentelle Blutvolumenverkleinerung ist bei Schaffeten keine Steigerung derselben erreicht worden, obwohl die EPO-Konzentration unverzüglich vergrößert worden ist (Shields et al., 1993). An wachsenden Mäusen konnte gezeigt werden, daß die Oszillationen des Hämatokritwertes induziert werden durch die Differenz zwischen Erythropoeserate und Körpergewebszunahme (Sakata and Enoki, 1992). Zwischen Hk und Erythroid colony-stimulating activity (ECSA) konnte eine sehr enge Korrelation nachgewiesen werden (r = -0,9).

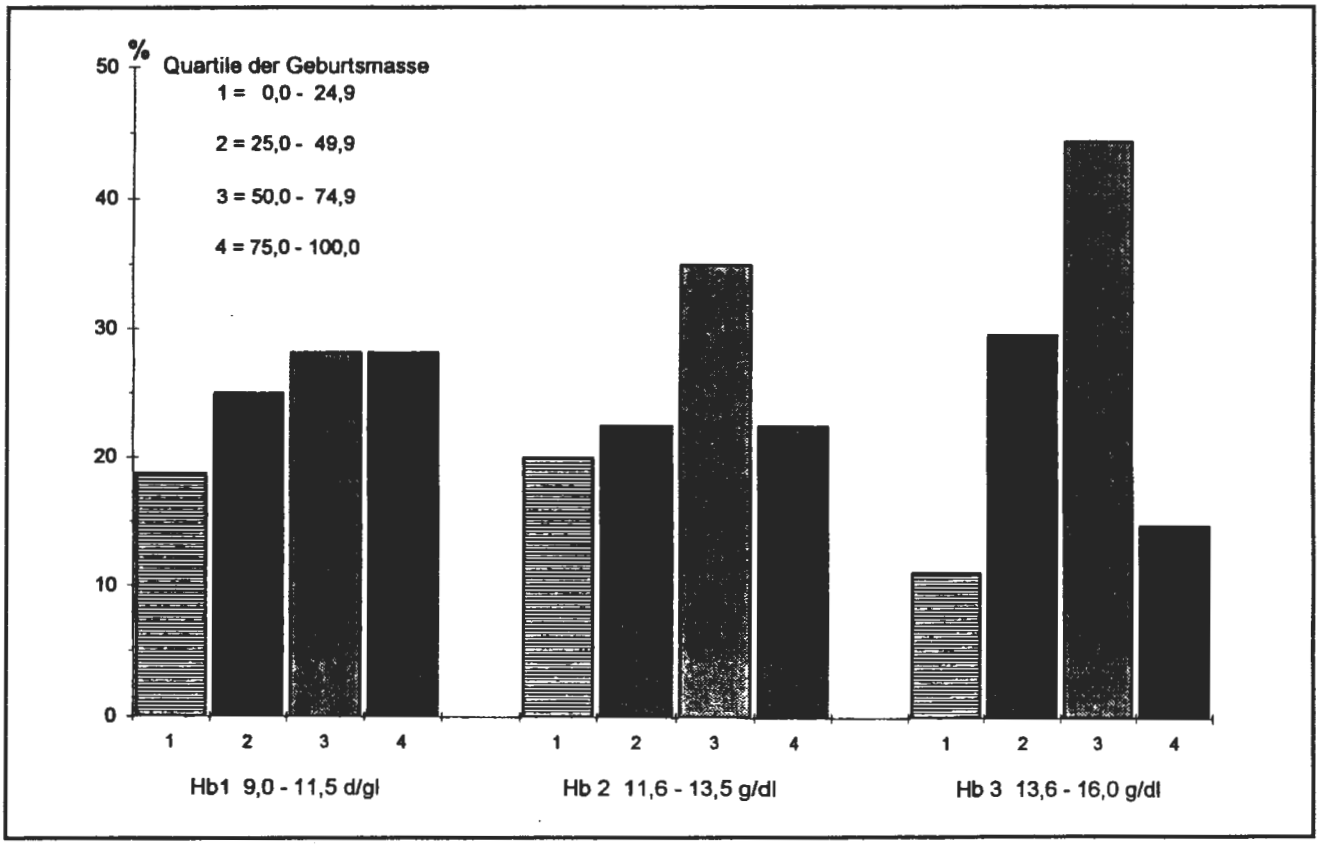

Abbildung 6: **Häufigkeit der Körpermasse neugeborener Kälber nach Körpermassequartilen und nach maternalen Hb-Gruppen**

Eine maximal gesteigerte Erythropoese ist bei Kälbern auch in den ersten postnatalen Lebenswochen zu erwarten, da die für das Körperwachstum erforderliche Blutmenge gebildet und die vorhandene Erythrozytenmenge regeneriert werden muß. Körpermasse nach der Geburt und Körperwachstumsrate weisen bei Kälbern eine große Variationsbreite auf. Besonders große Wachstumsraten sind bei Kälbern in Mutterkuhhaltung festzustellen (Steinhardt, 1995c, d).

Hohe Erythrozytenumsatzrate, Vorkommen verschiedener Hb-Varianten und von Methämoglobin, Ausschöpfung der regenerativen Kapazität können mit erhöhten Laktatkonzentrationen als Ausdruck hypoxischer Bedingungen, die bei Kälbern (Tyler und Ramsey, 1991; Thielscher, 1994) und bei Lämmern (Weismann, 1982) beobachtet worden sind, in ursächlichem Zusammenhang stehen.

Zusammenfassung

Während der Abkalbeperiode von September bis April wurden in der Milchrindherde (Anbindehaltung) und in der Mutterkuhherde (Laufboxenhaltung und Abkalbeboxen) von den Muttertieren und den neugeborenen Kälbern unmittelbar nach der Geburt und bei den Kälbern 24 Std. und 48 Std. danach Blutproben gewonnen und die Hämoglobinkonzentration bestimmt. Die Mittelwerte von Hb bei den Muttertieren in verschiedenen Laktationen waren nicht unterschiedlich, diejenigen der Kälber waren kleiner als die der Muttertiere und nur im Falle der Kälber von Erstkalbenden der Milchrindherde gesichert kleiner als bei den übrigen. Die Mittelwerte der Differenzen Hb Kalb - Hb Mutter waren signifikant größer nur bei Milchrindern in der ersten und zweiten Laktation. Nach dem Geburtsverlauf gruppiert wiesen sie große Streuungen bei spontaner Geburt und bei Geburtsverläufen mit starker Zughilfe, deren Mittelwerte gesichert größer waren, gegenüber solchen mit leichter Zughilfe auf. Strenge Korrelationen und lineare Regressionen zwischen der Differenz Hb Kalb - Hb Mutter und maternalem Hb bei Milchrindern in Anbindehaltung sowie zwischen der Differenz und dem Hb des Kalbes generell konnten nachgewiesen werden.

Hemoglobin concentration of blood in newborn calves. Effects of age of cows, environmental conditions and of birth course

Investigations were done in the dairy herd and the mother cow herd of the institute during the calving period from September till April. Jugular venous blood samples taken from the cow and the calf immediately after birth and in the calf at 24 hours and at 48 hours as well were analyzed for hemoglobin content (Hb). Mean values of Hb were not different in dairy cows and mother cows with different lactation numbers and those of calves were smaller than Hb of cows but not different in calves from cows with lactation number two to nine as well. Only calves from first lactation number cows had smaller mean values of Hb. Differences Hb calf - Hb cow were significantly greater only in first and second lactation number dairy cows than in others. Grouping these differences by birth course showed great scattering in calves of spontaneous birth and in such birth courses where heavy traction was used. The mean value of the difference Hb calf - Hb cow was greater in difficult birth courses than in others. Strong correlations and linear regressions could be found between maternal Hb and the difference Hb calf - Hb cow in dairy cows and between Hb of calf and the difference Hb calf - Hb cow generally.

Literatur

Anderson, D. F., Parks, C. M. und Faber, J. J. (1986): Fetal O_2 consumption in sheep during controlled long-term reductions in umbilical blood flow. - Am. J. Physiol. 250, S. H1037-H1042.

Aurich, E., Dobrinski, I., Grunert, E. und Rausch, W.-D. (1992): Einfluß von Wehentätigkeit und Hypoxie auf die Katecholaminfreisetzung bei neugeborenen Kälbern. - Reprod. Dom. Anim. 27, S. 202-203.

Bard, H. und Fouron, J. C. (1988): The increase in fetal hemoglobin synthesis in the fetal lamb during hyperglycemic hypoxemia. - Am. J. Obstet. Gynecol. 159, S. 1269-1272.

Benz, E. J. (1980/81): Hemoglobin switching in animals. - Tenas Reports on Biology and Medicine 40, S. 111-123.

Bjellin, L., Sjöquist, P. O. und Carter, A. M. (1975): Uterine, maternal placental and ovarian blood flow through pregnancy in the guinea pig. - Z. Geburtsh. Perinatol. 179, S. 179-187.

Block, S. M., Pixley, J. E., Wray, A. H., Ray, D., Barnes, K. D., Engstrom, P. C. und Rose, J. C. (1989): Blood volume restitution after hemorrhage in the newborn lamb. - Am. J. Physiol. 257, S. R647-R652.

Blouquit, M. F., Sturbois, G., Breart, G., Sureau, C. und Roffi, J. (1978): Catecholamine levels in newborn plasma in normal and abnormal conditions and in maternal plasma at delivery. - Experientia 35, S. 618-619.

Bostedt, H., Wagenseil, F. und Garhammer, E. H. (1974): Untersuchungen über den Eisen- und Kupfergehalt sowie über das rote Blutbild des Rindes während der Graviditäit und in der Zeit um die Geburt. - Zuchthygiene 9, S. 49-57.

Bostedt, H., Jekel, E. und Schramel, P. (1990): Zur Entwicklung der Eisen- und Kupferkonzentration im Blutplasma von Kälbern in den ersten Lebenstagen und -wochen, gleichzeitig ein Beitrag zur larvierten neonatalen Eisenmangelanämie. - Dtsch. tierärztl. Wschr. 97, S. 400-403.

Brace, R. A. (1983): Fetal blood volume responses to acute fetal hemorrhage. - Circ. Res. 52, S. 730-734.

Bünger, U., Steinhardt, M., Furcht, G., Schmoldt, P., Fiebig, U., Kleiner, W., Kaphengst, P., Ponge, J. und Motsch, T. (1982): Referenzwerte des Hämoglobingehaltes, des Hämatokrits und der mittleren korpuskulären Hämoglobinkonzentration bei Aufzuchtkälbern ohne Eisensubstitution. - Arch. Tierernährung 32, S. 137-155.

Carretti, N. G., Eremita, G. A., Porcelli, B., Paternoster, D. und Grella, P. (1993): Erythropoietin and transferrin concentrations during pregnancy in relation to hemoglobin levels. - Biomed. & Pharmacother. 47, S. 161-165.

Cohen, W. R., Piasecki, G. J., Cohn, H. E., Young, J. B. und Jackson, B. T. (1984): Adrenal secretion of cate-

cholamines during hypoxia in fetal lambs. - Endocrinol. 114, S. 383-390.

Cotes, P. M. (1983): Erythropoietin. - In: Gray, C. H. und James, V. H. T. (Eds.): Hormones in Blood, Academic Press, London, 3. Ed., 4., Chap. IX, S. 195-218.

Daniel, S. S., Stanley-James, L., Stark, R. I. und Tropper, P. J. (1989): Prevention of the normal expansion of maternal plasma volume: a model for chronic fetal hypoxaemia. - J. Developm. Physiol. 11, S. 225-233.

Diehl, T. (1990): Katecholamine und Metaboliten vor, während und nach der Geburt beim Rind. - Vet. Med. Diss. München.

Fumia, F. D., Edelstone, D. I. und Holzman, I. R. (1984): Blood flow and oxygen delivery to fetal organs as functions of fetal hematocrit. - Am. J. Obstet. Gynecol. 150, S. 274-282.

Goplerud, J. M. und Delivoria-Papadopoulos, M. (1985): Physiology of the placenta: gas exchange. - Ann. Clin. Laborat. Sci. 15, S. 270-278.

Hammerl, J. und Russe, M. (1990): Katecholaminwerte beim Kalb nach der Geburt. - Tierärztl. Umsch. 45, S. 46-50.

Harper, S.B., Hurst, W. J. und Lang, C. M. (1994): Use of capillary electrophoresis-isoelectric focusing for the determination of bovine hemoglobin variants. - J. Chromatography B 657, S. 339-344.

Hibbs, J. W., Conrad, H. R., Vandersalt, J. H. und Gale, C. (1963): Occurence of iron deficiency anemia in dairy calves at birth and ist alleviation by iron dextran injection. - J. Dairy Sci. 46, S. 1118-1124.

Howells, M. R., Jones, S. E., Napier, A. F., Saunders, K. und Cavill, I. (1986): Erythropoiesis in pregnancy. - Br. J. Haematol. 64, S. 595-599.

Huch, R. und Huch, A. (1993): Maternal and fetal erythropoietin: physiological aspects and clinical significance. - Ann. Med. 25, S. 289-293.

Jainudeen, M. R., Hansel, W. und Davison, K. L. (1964): Nitrate toxicity in dairy heifers - erythropoietic responses to nitrate ingestion during pregnancy. - J. Dairy Sci. 47, S. 1382-1387.

Jelic, Z., Majkic-Singh, N., Berkes, P. und Berkes, I. (1981): The use of gel electrophoesis in the analysis of beovine haemoglobin. - Acta Veterinaria (Beograd) 31, S. 173-179.

Jelkmann, W. (1986): Renal erythropoietin: properties and production. - Rev. Physiol., Biochem. Pharmacol. 104, S. 139-215.

Jönsson, V., Bock, J. E. und Nielsen, J. B. (1992): Significance of plasma skimming and plasma volume expansion. - J. Appl. Physiol. 72, S. 2047-2051.

Jones, C. T. und Robinson, R. O. (1975): Plasma catecholamines in foetal and adult sheep. - J. Physiol. 248, S. 15-33.

Kitanaka, T., Gilbert, R. D. und Longo, L. D. (1989a): Maternal responses to long-term hypoxia in sheep. - Am. J. Physiol. 256, S. R1340-R1347.

Kitanaka, T., Alonso, J. G., Gilbert, R. D., Siu, B. L., Clemons, G. K. und Longo, L. G. (1989b): Fetal responses to long-term hypoxemia in sheep. - Am. J. Physiol. 256, S. R1348-R1354.

Lurie, S. und Danon, D. (1992): Life span of erythrocytes in late pregnancy. - Obstet. Gynecol. 80, S. 123-126.

Lurie, S. (1993): Changes in age distribution of erythrocytes during pregnancy: A longitudinal study. - Gynecol. Obstet. Invest. 36, S. 141-144.

Maier, R. F., Böhme, K., Dudenhausen, J. W. und Obladen, M. (1993): Cord blood erythropoietin in relation to different markers of fetal hypoxia. - Obstet. Gynecol. 81, S. 575-580.

Moritz, K. M., Clemons, G., Tangalakis, K. und Wintour, E. M. (1992): The effect of chronicand acute hemorrhage on erythropoietin in the neonatal lamb. - J. Dev. Physiol. 18, S. 129-136.

Mostello, D., Chalk, C., Khoury, J., Mack, C. E., Siddiri, T. und Clark, K. E. (1991): Chronic anemia in pregnant ewes: maternal and fetal effects. - Am. J. Physiol. 261, S. R1075-R1083.

Rausch, W.-D., Hofer, A., Gemeiner, M. und Möstl, E. (1989): Katecholamin- und Cortisolkonzentration im Plasma von Rindern um die Geburt. - J. Vet. Med. A36, S. 218-224.

Reynolds, L. P., Ferrell, C. L. und Robertson, D. A. (1986): Metabolism of the gravid uterus, foetus and uteroplacenta at several stages of gestation in cows. - J. agric. Sci. 106, S. 437-444.

Reynolds, L. P. und Ferrell, C. L. (1987): Transplacental clearance and blood flows of bovine gravid uterus at several stages of gestation. - Am. J. Physiol. 253, S. R735-R739.

Rice, R. W., Nelms, G. E. und Schoonover, C. O. (1967): Effect of injectable iron on blood hematocrit and hemoglobin and weaning weight of beef calves. - J. Anim. Sci. 26, S. 613-617.

Riikonen, S., Saijonmaa, O., Järvenpää, A.-L. und Fyhrquist, F. (1994): Serum concentrations of erythropoietin in healthy and anaemic pregnant women. - Scand. J. Clin. Lab. Invest. 54, S. 653-657.

Roth, G. (1976): Die postnatalen Änderungen von Hämoglobinkonzentration, Blutvolumen und 2,3-Diphosphoglycerat in Erythrozyten bei normalen und anpassungsgestörten Ferkeln. - Vet. Med. Diss. München.

Sagen, N., Nilsen, S. T., Kim, H. C., Bergsjö, P. und Koller, O. (1984): Maternal hemoglobin concentration is closely related to birth weight in normal pregnancies. - Acta Obstet. Gynecol. Scand. 63, S. 245-248.

Sakata, S. und Enoki, Y. (1992): Developmental changes in plasma erythroid colony-stimulating activity in mice: cyclic erythropoiesis associated with rapid growth. - J. Developm. Physiol. 18, S. 211-216.

Schalm, O. W. (1986): - In: Jain, N. C. (Ed.): Schalm's Veterinary Hematology. Lea and Febiger, Philadelphia, PA, 4th. Ed., Chapt. 7, S. 178.

Schuster, S. J. und Caro, J. (1993): Erythropoietin: physiologic basis for clinical applications. - Vox Sang. 65, S. 169-179.

Shields, L. E., Widness, J. A. und Brace, R. A. (1993): Restoration of fetal red blood cells and plasma proteins after a moderately severe hemorrhage in the ovine fetus. - Am. J. Obstet. Gynecol. 169, S. 1472-1478.

Simpson, J. und Stephenson, T. (1993): Regulation of extracellu-lar fluid volume in neonates. - Early Human Developm. 34, S. 179-190.

Steer, P., Ash Alam, M., Wadsworth, J. und Welch, A. (1995): Relation between maternal haemoglobin concentration and birth weight in different ethnic groups. - Brit. Med. J. 310, S. 489-491.

Steinhardt, M., Bünger, U., Langanke, M., Gollnast, I. und Kutschke, I. (1993a): Spurenelementausstattung neugeborener Kälber. Einflüsse des Muttertieres sowie von genetischer Konstruktion, Geschlecht und Reifegrad des Neugeborenen. - Dtsch. tierärztl. Wschr. 100, S. 89-128.

Steinhardt, M., Bünger, U., Grätsch, U., Langanke, M. und Gollnast, I. (1993b): Spurenelemente in der Leber und im Herzmuskel totgeborener Kälber des Milchrindes. - Tierärztl. Prax. 21, S. 13-17.

Steinhardt, M., Bünger, U., Langanke, M., Fiebig, U. und Gollnast, I. (1993c): Bemerkungen zum Reifegrad totgeborener Kälber. - Tierärztl. Prax. 21, S. 201-208.

Steinhardt, M., Gollnast, I., Langanke, M., Bünger, U. und Kutschke, J. (1993d): Klinisch-chemische Blutwerte bei neugeborenen Kälbern. 1. Einflüsse einiger innerer und äußerer Bedingungen. - Tierärztl. Prax. 21, S. 295-301.

Steinhardt, M., Gollnast, I., Langanke, M., Bünger, U. und Kutschke, J. (1993e): Klinisch-chemische Blutwerte bei neugeborenen Kälbern. 2. Wiederholte Untersuchungen an den gleichen Tieren. - Tierärztl. Prax. 21, S. 405-411.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., von Horn, T., von Horn, R. Ermgassen, K., Ladewig, J. und Smidt, D. (1994): Bemerkungen zur Hämoglobinkonzentration des Blutes bei Milchrindern verschiedener Rassen und bei ihren Nachkommen im peripartalen Zeitraum. - Tierärztl. Prax. 22, S. 129-135.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Lehr, A., Ihnen, B., Szalony, S., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995a): Klinisch-chemische und hämatologische Blutwerte und Anpassungsreaktionen bei Saugkälbern in den ersten Lebenswochen. - Dtsch. tierärztl. Wschr. 102, S. 399-405.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Szalony, S., Lehr, A., Ihnen, B., Ladewig, J. und Smidt, D. (1995b): Wachstum und Entwicklung der Saugkälber einer Mutterkuhherde aus Vertretern der DRB, DSB und der F1 Galloway x Holstein Friesian. Einflüsse des Alters der Muttertiere und des Geburtsverlaufes. - Landbauforschung Völkenrode 45, S. 83-93.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Bönner, S. und Smidt, D. (1995c): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Lebensalters- und Körpermassebereiche der Kälber. - Landbauforschung Völkenrode 45, S. 113-121.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Bönner, S. und Smidt, D. (1995d): Studien zum maternalen Milchtransfer und Wachstum von Saugkälbern der DRB, DSB und der Kreuzung Galloway x Holstein Friesian: Alter des Muttertieres und Merkmale des Kalbes. - Landbauforschung Völkenrode 45, S. 177-190.

Steinhardt, M., Thielscher, H.-H., Ihnen, B., Hoppe, T. und Smidt, D. (1996): Physiologische Reaktionen und Anpassungsvorgänge bei Rindern während des Weideganges auf intensiv und umweltschonend bewirtschafteten Weideflächen und nach der Aufstallung. - Landbauforschung Völkenrode (im Druck).

Tenenbaum, D. G., Piasecki, G. J., Oh, W., Rosenkrantz, T. S. und Jackson, B. T. (1983): Fetal polycythemia and hyperviscosity. Effect on umbilical blood flow and fetal oxygen consumption. - Am. J. Obstet. Gynecol. 147, S. 48-51.

Thielscher, H.-H. (1994): Hämoglobingehalt und Laktatkonzentration bei Kälbern unter extensiven und intensiven Haltungsbedingungen. - Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 107, S. 20-22.

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

Weisman, D. N. (1982): Tissue oxygen delivery in lambs: effect of postnatal age and acute hypoxemia. - Biol. Neonate 42, S. 15-21.

Wilkening, R. B., Molina, R. D. und Meschia, G. (1988): Placental oxygen transport in sheep with different hemoglobin types. - Am. J. Physiol. 254, S. R585-R589.

Verfasser: Steinhardt, Martin, Dr. med. vet. habil.; Thielscher, Hans-Hermann, Dr. med. vet.; Dehn, Heinz, Tierarzt; von Horn, Tatiana, Tierärztin; von Horn, Reimund, Tierarzt; Smidt, Diedrich, Prof. Dr. med. vet., Dr. agr., Dr. h. c., Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. Diedrich Smidt.