

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft

MARTIN STEINHARDT und HANS – HERMANN THIELSCHER

## Schilddrüsenhormone bei Milchrindern in Laufstallhaltung nach der Kalbung und bei deren Kälbern. Effekte einiger konstanter und variabler Faktoren

*Herrn Professor Dr. Detlef Leonhard Simon zum 75. Geburtstag gewidmet*

### Abstract

Title of the paper: **Thyroid hormones in loose housed dairy cattle and in their newborn calves. Effects of some constant and variable factors**

On dairy cows (72 German Holstein Friesian, 8 German Red Pied, kept loose house) and on their newborn calves thyroid hormone and body temperature measurements and in calves body weight measurements were done and analysed considering lactation number and gestation length of the dam, sex and body weight of the calf, type of birth, daytime of birth and measurement. For gestation length, body weight and lactation number no effects on thyroid hormones could be found. Birth course was specified as GV1 (without assistance), GV2 (with little assistance by the herdsman, in some cases with mechanical support), and GV3 (with heavy traction, most with mechanical support). In GV2 the number of male calves was twice that of female calves. Sex of calf influenced effects of birth type in case of T<sub>4</sub> and body temperature of the dam and effects of pH group in case of FT<sub>3</sub> of the calf. Calves born without any support had significant greater T<sub>4</sub>, FT<sub>4</sub> and FT<sub>3</sub> concentrations than those with GV 2 and GV 3. Assisted birth types were significantly more frequent in pH groups pHG3 and pHG4 than in groups pHG1 and pHG2. In calves thyroid hormones had significant correlations with pCO<sub>2</sub> and pH of calf venous blood and with the time elapsing between birth and sampling. In dams of group GV3 the means of FT<sub>4</sub> and T<sub>4</sub> were smaller than those in dams of GV1 and GV2 but this differences were not significant.

**Key Words:** thyroid hormones, loose housed dairy cattle, newborn calves, type of birth, sex differences

### Zusammenfassung

An Milchkühen (72 Deutsche Holstein Friesian, 8 Deutsche Rotbunte, Laufstallhaltung) und deren neugeborenen Kälbern wurden Messungen der Thyroidhormonkonzentrationen und der Körpertemperatur, bei Kälbern auch der Körpermasse (KM) vorgenommen. Diese wurden unter Berücksichtigung von Laktationsnummer (LANR) und Trächtigkeitsdauer (TD) der Kuh sowie von Geschlecht und KM des Kalbes, Geburtsverlauf (GV), Zeit der Geburt bis zur Messung analysiert. Für TD, KM und LANR konnte kein sicherer Effekt auf die Thyroidhormone nachgewiesen werden. Die Geburtsverläufe sind von spontan (GV1) bis zu sehr starker Zughilfe (GV3) bewertet worden. In GV 2 war die Anzahl männlicher Kälber doppelt so groß wie diejenige weiblicher Kälber. Das Geschlecht beeinflußte Effekte des Geburtstypes im Falle von Thyroxin und der Rektaltemperatur der Kuh und solche der pH-Wertgruppen im Falle des freien Trijodthyronin des Kalbes. Spontan geborene Kälber hatten signifikant größere Thyroxin-, freie Thyroxin- und freie Trijodthyroninwerte als jene der übrigen Gruppen. Kälber aus komplizierten Geburten waren in den pH-Wertgruppen pHG3 und pHG4 signifikant häufiger als in pHG1 und pHG2. Thyroidhormone wiesen bei Kälbern signifikante Korrelationen mit dem pCO<sub>2</sub> und pH-Wert des Kälberblutes sowie der Zeit der Geburt bis zur Messung auf. Bei Kühen mit GV3 waren die mittleren Konzentrationen von freiem Thyroxin und Thyroxin kleiner als bei jenen mit GV1 und GV2, die Unterschiede waren jedoch nicht sicher.

**Schlüsselwörter:** Schilddrüsenhormone, Milchrinder, Laufstallhaltung, neugeborene Kälber, Geburtstyp, Geschlechtsunterschiede

### 1. Einleitung

Schilddrüsenhormone, die im Blut an Eiweiß gebunden (Tetra-Jodthyronin, T<sub>4</sub>, Thyroxin und Trijodthyronin, T<sub>3</sub>) und in freier Form (freies Thyroxin, FT<sub>4</sub> und freies Tri-

jodthyronin FT<sub>3</sub>) nachzuweisen sind, haben einen Einfluss auf den Energiestoffwechsel (MÜLLER et al., 1995, 1998), auf die postpartale Entwicklung von Organen sowie auf die Anpassung an die spezifische Umgebung und spielen damit bei der Realisierung des Wachstumspotentials und der Leistung der Tiere eine Rolle (STEINHARDT und THIELSCHER, 2000). Sie sind bei neugeborenen Kälbern und in einigen Fällen gleichzeitig auch bei den Kühen zum Teil an kleinen Tierzahlen und an einem nicht näher charakterisierten Tiermaterial untersucht worden. Effekte des Schilddrüsenhormonstatus des Muttertieres und von Geschlecht, Rasse, Entwicklungsqualität der Nachkommen sowie des Geburtsverlaufes sind bei der Tierart Rind nicht ausreichend einzuschätzen. Holstein Friesian Kälber aus Schwergesäugten eines klinisch relevanten Tiermaterials darunter auch Zwillinge hatten unmittelbar nach der Geburt kleinere T<sub>4</sub>- und T<sub>3</sub>-Werte gegenüber spontan und mit leichter Hilfe geborenen, jedoch war der Effekt der Geburtsbedingungen nicht signifikant (VERMOREL et al., 1989). Einflüsse des Geburtsverlaufes auf T<sub>4</sub> und FT<sub>4</sub> konnten unter praktischen betrieblichen Bedingungen bei Milchrindern in Anbindehaltung und bei jungen Mutterkühen und deren Kälbern nicht, solche auf T<sub>3</sub> und FT<sub>3</sub> bei Kälbern jedoch nachgewiesen werden (GRÜNBERG, 1996; GRÜNBERG et al., 1998; STEINHARDT et al., 1996). In der vorliegenden Arbeit wurden Alter (Laktationsnummer, LANR) und Trächtigkeitsdauer (TD) der Milchkuh, Geschlecht und Körpermasse (KM) des Kalbes, Geburtsverlauf (GV), Tageszeit der Geburt (TZG) und Zeit zwischen Geburt und Messung (ZGM) berücksichtigt. Von Interesse waren die Fragen: (1) Läßt sich ein Effekt der in der Milchrindhaltung vorgenommenen geburtshilflichen Maßnahmen bei Laufstallhaltung und Abkalbung in Kalbeboxen auf die Thyroidhormonkonzentrationen der Kuh und der Kälber nachweisen? (2) Welche Qualität haben die Beziehungen physiologischer Variablen der Kuh und der Kälber nach der Geburt? (3) Welchen Einfluss hat der Säure-Basen-Status des Blutes des Kalbes auf die Konzentrationen der Thyroidhormone?

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Tiere, Haltungsbedingungen:

Tiere der Milchrindherde (72 Deutsche Holstein Friesian, 8 Deutsche Rotbunte) des Institutes für Tierzucht und Tierverhalten waren nach der Weideperiode 1996 (Mai bis September, Dauergrünland, Umtriebsweide, Leckschalen für die Mineralstoffversorgung) in einem Boxenlaufstall (ca. 80 Tiere) aufgestellt worden. Im Stall wurde Futter (Gras- und Maissilage, Konzentratfutter, geringe Mengen von Heu) auf einem zentralen Futtergang täglich zweimal (05.00 Uhr und 15.00 Uhr) vorgelegt. Leckschalen standen für die Mineralstoffaufnahme zur Verfügung. Außerdem konnten die Tiere von dem täglich frisch eingestreuten Stroh aufnehmen. Die Konzentratfuttergabe erfolgte während des Aufenthaltes der Kuh im Melkstand. Das Trockenstellen ist in Abhängigkeit von der Milchleistung der Kuh vorgenommen worden mit der Zielstellung, eine Trockenperiode von 4 – 6 Wochen zu gewährleisten. Einige Tage vor der voraussichtlichen Abkalbung kamen die Kühe in eine Abkalbebox mit Stroheinstreu (insgesamt 5 Boxen, Einzeltierabkalbung), in denen sie bis zum Tag nach der Kalbung blieben. Nach der Kalbung wurden die Kühe wieder in die Herde und die Kälber in ein Aufzuchtsystem eingegliedert. Die Abkalbungen lagen zwischen dem 18.10.1996 und dem 23.04.1997 und verteilten sich folgendermaßen auf die Monate Okt.: 8; Nov.: 11; Dez.: 5; Jan.: 19; Feb.: 20; Mär.: 9; Apr.: 8. Die Aufnahme von Kolostrum durch die

Kälber aus dem Euter des Muttertieres war möglich. Die Kolostrumgabe an die Kälber erfolgte zu den Melkzeiten. Der überwiegende Anteil der Kälber ist vor der Kolostrumaufnahme untersucht worden. Die Kontrolle der Abkalbungen, geburtshilfliche Maßnahmen und Protokollierungen sind vom Betreuungspersonal in gewohnter betriebsspezifischer Art vorgenommen worden. Die Geburtsverläufe sind als GV 1 (spontane Geburt), GV 2 (mäßige Zughilfe, teilweise mit Einsatz des mechanischen Geburtshelfers, 16 von 30 Fällen) und GV 3 (starke Zughilfe durch Personen und mechanischen Geburtshelfer) bezeichnet worden. Kälber aus Zwillingegeburten und aus Geburten durch Kaiserschnitt sind in die Untersuchungen nicht einbezogen worden. Von den untersuchten Kälbern verendete 1 Tier 1 h (m, GV1), 1 Tier 4 d (m, GV2) und 1 Tier 13 d (m, GV1) nach der Geburt.

## 2.2 Untersuchungsablauf, Messungen

Messungen an den Tieren und Probennahmen wurden in der Kalbebox sobald wie möglich nach der Geburt der Kälber vorgenommen. Mit Hilfe der Tageszeiten von Geburt und Messung wurde ZGM errechnet. Blutproben wurden zuerst beim Kalb durch leichte Stauung mit der Hand aus der V. jugularis, dann bei der Kuh (V. jugularis) gewonnen und in Monovetten aufgenommen, in einem Kühlgefäß in das Labor des Institutes gebracht und dort unverzüglich bearbeitet. Die Messung der Körpertemperatur (Rektaltemperatur, RT) erfolgte mit gebräuchlichen Fieberthermometern nach der Blutprobennahme. Der Säure-Basen-Status des Blutes (pH-Wert; Bikarbonat,  $\text{HCO}_3$ ; Basenüberschuss, Base Excess, BE) wurde mit dem AVL 995-Hb Automatic Blood Gas System von Biomedical Instruments Graz, Österreich, bestimmt. Das Serum wurde eingefroren und zu einem späteren Zeitpunkt bearbeitet. Die Schilddrüsenhormone sind mit einem Lumineszenzymimmunoassay (LEIA) in dem Gerätesystem von Nichols bestimmt worden. Die Nachweisgrenzen sind für  $\text{T}_4$ : 1  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , für  $\text{FT}_4$ : 0,14 ng/dl und für  $\text{FT}_3$ : 10 pg/ml. Für die im Probenmaterial betroffenen Messbereiche betrugen die Präzision im Intraassay und Interassay für  $\text{T}_4$ : 4,7 – 5,2% und 6,4 – 7,4%, für  $\text{FT}_4$ : 4,0 – 10,1% und 6,6 – 10,2% und für  $\text{FT}_3$ : 3,2 – 4,1% und 7,8 – 14,0%.

## 2.3 Bearbeitung der Ergebnisse, statistische Methoden

Die Ergebnisse wurden mit dem Statistikpaket Systat von SPSS Science Software bearbeitet und die Varianzanalyse angewandt, wobei die Laktationsnummer (LANR) des Muttertieres, das Geschlecht des Kalbes, die Geburtsverlaufsgruppen und mit Hilfe des pH-Wertes des venösen Blutes des Kalbes gebildete Gruppen ( $\text{pHG1}$ : pH>7,330;  $\text{pHG2}$ : pH 7,330 - 7,280;  $\text{pHG3}$ : pH 7,279 - 7,230 und  $\text{pHG4}$ : pH<7,230) als Kategorien genutzt wurden. Die Laktationsnummern (LANR) wurden zu Gruppen zusammengefasst (LANRG1: LANR1; LANRG2: LANR 2; LANRG3: LANR 3; LANRG4: LANR 4 bis 9). Mit dem Mixed Regression Model HEDEKER u. GIBBSONS (1996) wurden Effekte numerischer Variablen und von Kategorien auf einige Variablen des Kalbes und der Kuh geprüft. Quantil-Quantil Plots (Q-Q Plots) wurden genutzt, um unterschiedliche Verteilungen der Variablen innerhalb von und zwischen Kategorien deutlich zu machen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind in den Tabellen und Abbildungen angegeben und, wenn nicht ausdrücklich erwähnt, mit 5 % angenommen worden.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Trächtigkeitsdauer, Körpermasse der Kälber und Geburtsverläufe

Die Trächtigkeitsdauer der Kuh betrug ( $x \pm s$ )  $282 \pm 5$  Tage (270 bis 293), die KM der neugeborenen Kälber ( $x \pm s$ )  $45,4 \pm 5,3$  kg (33 bis 58). Zwischen Körpermasse der Kälber und Trächtigkeitsdauer ließ sich eine Korrelation nachweisen ( $r = 0,577$ ;  $p = 0,000$ ;  $N = 80$ ). Weibliche Kälber hatten eine kleinere KM als männliche ( $x \pm s$ ; m:  $46,6 \pm 4,9$  kg N 43; w:  $43,9 \pm 5,5$  kg N 37;  $p = 0,049$ ). Die Häufigkeiten der Geburtstypen waren bei Kühen mit verschiedenen Laktationsnummern nicht, diejenigen in den pH-Wertgruppen waren signifikant verschieden ( $p = 0,018$ ) (Tab. 1). In der Gruppe GV 2 war die Anzahl männlicher Kälber größer als die weiblicher Kälber.

Tabelle 1

Häufigkeit der Geburtsverläufe in den Gruppen nach der Laktationsnummer der Kuh und in den Gruppen nach dem pH-Wert des Blutes des Kalbes (Frequency of birth types within the groups by lactation number of dam and within the groups by pH value of calf blood)

	LANRG1 Laktation 1	LANRG2 Laktation 2	LANRG3 Laktation 3	LANRG4 Laktation 4 bis 9	Summe
Geburt spontan	2	15	17	13	47
leichte Zughilfe	7	12	9	2	30
starke Zughilfe	1	0	1	1	3
Summe	10	27	27	16	80
	pHG1 pH > 7,330	pHG2 pH 7,330-7,280	pHG3 pH 7,279-7,230	pHG4 pH < 7,230	Summe
Geburt spontan	13	20	7	7	47
leichte Zughilfe	6	4	10	10	30
starke Zughilfe	0	0	1	2	3
Summe	19	24	18	19	80

#### 3.2 Körpertemperatur und Schilddrüsenhormone bei Kühen und Kälbern

Die Körpertemperatur war bei neugeborenen Kälbern kleiner (mittlere Differenz  $\pm$  SD  $-0,13 \pm 0,52$  °C;  $p = 0,027$ ), und die Konzentrationen der Schilddrüsenhormone waren größer als bei Kühen (mittlere Differenz  $\pm$  SD; T<sub>4</sub>:  $290,5 \pm 131,2$  nmol/l;  $p = 0,000$ ; FT<sub>4</sub>:  $28,3 \pm 14$  pmol/l;  $p = 0,000$ ; FT<sub>3</sub>:  $3,9 \pm 2,6$  pmol/l;  $p = 0,000$ ). Signifikante Korrelationen zwischen den Variablen der Milchkuh und denen des Kalbes konnten nicht gefunden werden. Die Differenzen Kalb-Kuh der Körpertemperatur wiesen mit der Körpertemperatur der Kuh signifikante negative Korrelationen ( $y = -0,68x + 26,4$ ;  $r = -0,591$ ) und mit der des Kalbes signifikante positive Korrelationen auf ( $y = 0,67x + 26,1$ ;  $r = 0,569$ ). Die Differenzen Kalb-Kuh der Schilddrüsenhormone wiesen keine sicheren Korrelationen mit den Variablen der Kuh, aber hoch signifikante positive Korrelationen mit den Variablen des Kalbes auf ( $r = 0,937$  bis  $r = 0,987$ ). Die Differenzen Kalb-Kuh der Körpertemperatur hatten keine Beziehungen mit den Differenzen Kalb-Kuh der Schilddrüsenhormone. Die Differenzen Kalb-Kuh der Schilddrüsenhormone wiesen untereinander enge Korrelationen auf (T<sub>4</sub> vs. FT<sub>3</sub>;  $r = 0,495$ ; T<sub>4</sub> vs. FT<sub>4</sub>;  $r = 0,715$ ; FT<sub>4</sub> vs. FT<sub>3</sub>;  $r = 0,799$ ). Korrelationen der Konzentrationen von T<sub>4</sub>, FT<sub>4</sub> und FT<sub>3</sub> untereinander waren bei den Kühen und bei den Kälbern hochsignifikant ( $p = 0,000$ ), diejenige von FT<sub>3</sub> und T<sub>4</sub> der Kuh war signifikant ( $p = 0,021$ ). Sichere Korrelationen zwischen Körpertemperatur, Gestationsalter sowie Körpermasse und Schilddrüsenhormonwerten der Kälber konnten nicht gefunden werden. Für die Schilddrüsenhormonwerte der Kuh ließ sich eine Abhängigkeit von der Zeit der Geburt bis zur Messung nicht nachweisen, für diejenigen des Kalbes und für die Differenzen Kalb-Kuh der Schilddrüsenhormone konnten Abhängigkeiten von Zeit der Ge-

burt bis Messung gefunden werden (Tab. 2), die durch quadratische Funktionen zu charakterisieren waren.

Tabelle 2

Regressions und Bestimmtheitsmaß der Zeit zwischen Geburt und Messung und den Schilddrüsenhormonen des Kalbes sowie der Differenz der Schilddrüsenhormone zwischen Kalb und Kuh (Regressions and coefficient of determination ( $R^2$ ) of time between birth and measurement and thyroid hormones of calf and of the difference calf-cow of thyroid hormones)

Kalb			
	Thyroxin (T4)	Freies Thyroxin (FT4)	Freies Trijodthyronin (FT3)
Zeit	$y = -0,007x^2 + 0,734x$	$y = -6E-0,5x^2 + 0,07x + 24,58$	$y = -8E-0,6x^2 + 0,011x + 6,94$
Geburt-	+ 234,42	$R^2 = 0,24$	$R^2 = 0,29$
Messung	$R^2 = 0,25$		

Differenzen Kalb-Kuh			
	Thyroxin (T4)	Freies Thyroxin (FT4)	Freies Trijodthyronin (FT3)
Zeit	$y = -0,0007x^2 + 0,75x + 174,47$	$y = -6E-0,5x^2 + 0,07x + 15,86$	$y = -7E-0,6x^2 + 0,01x$
Geburt-	$R^2 = 0,28$	$R^2 = 0,27$	+ 1,65
Messung			$R^2 = 0,27$

### 3.3 Gruppen nach der Laktationsnummer der Milchkuh

Kühe der LANRG4 hatten eine kleinere Rektaltemperatur als jene der LANRG1 (Tab. 3). Die Rektaltemperatur der Kuh und des Kalbes unterschieden sich in den Gruppen nicht sicher. Die mittleren Differenzen der Rektaltemperatur waren zwischen LANRG1 ( $-0,31 \pm 0,53$  °C) und LANRG3 ( $-0,22 \pm 0,56$  °C) gegenüber LANRG4 ( $0,04 \pm 0,36$  °C) signifikant verschieden ( $p = 0,0278$  und  $p = 0,0354$ ). Die mittlere  $T_4$ -Konzentration im Blut der Kühe wurde mit ansteigender LANR kleiner, diejenige der Kälber größer, sicher waren die Mittelwertunterschiede nicht (Tab. 3). Die mittleren Thyroidhormonwerte der Kuh und des Kalbes waren in allen Gruppen hoch signifikant verschieden. Die mittleren Differenzen Kalb-Kuh der Thyroidhormone unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht sicher. Die Korrelationen zwischen  $FT_4$  und  $T_4$  waren bei Kühen in den Gruppen hochsignifikant ( $r = 0,817$  bis  $r = 0,886$ ,  $p < 0,0019$ ), der Regressionskoeffizient betrug  $b = 0,08$  bis  $b = 0,15$ . Für  $FT_3$  konnte eine schwache Abhängigkeit von  $T_4$  in LANRG3 und LANRG4 gefunden werden ( $r = 0,444$ ;  $p = 0,02$  und  $r = 0,537$ ;  $p = 0,032$ ) und eine solche von  $FT_4$  in LANRG2 und LANRG3 ( $r = 0,448$ ;  $p = 0,019$  und  $r = 0,677$ ;  $p = 0,000$ ). Bei Kälbern waren die Korrelationen zwischen den Thyroidhormonwerten in allen Gruppen signifikant und hochsignifikant. Auch die Korrelationen der Thyroidhormonwerte mit den Differenzen Kalb-Kuh der Hormonkonzentrationen waren bei Kälbern hochsignifikant, bei Kühen nur für LANRG3 im Falle von  $FT_3$  ( $r = -0,585$ ;  $p = 0,001$ ) und von  $FT_4$  ( $r = -0,582$ ;  $p = 0,001$ ) und für LANRG4 im Falle von  $FT_3$  ( $r = -0,514$ ;  $p = 0,042$ ) signifikant.

### 3.4 Gruppen nach dem Geburtsverlauf

Die mittlere Rektaltemperatur der Kuh und der Kälber war zwischen GV1 bis GV3 nicht signifikant verschieden. Die Differenzen Kalb-Kuh der Körpertemperatur waren nur in GV2 sicher ( $p = 0,029$ ). Die mittleren Differenzen Kalb-Kuh der Rektaltemperatur unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht sicher. Bei den Milchkühen waren die mittleren Konzentrationen von  $FT_4$  und  $T_4$  in GV3 kleiner als in GV2 und GV1, die Unterschiede waren jedoch nicht sicher (Abb. 1). Kälber mit GV 1 hatten

signifikant größere T<sub>4</sub>-, FT<sub>4</sub>- und FT<sub>3</sub>-Werte als jene der GV2 und GV3 (Abb. 1 und 2). Die mittleren Differenzen Kalb-Kuh der Schilddrüsenhormonkonzentrationen (Abb. 1 und 2) wiesen sichere Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Die Differenzen Kalb-Kuh waren für die Schilddrüsenhormonwerte in den Gruppen mit Ausnahme von FT<sub>3</sub> in GV3 sicher. Direkte Beziehungen zwischen den Hormonkonzentrationen der Milchkuh und denen des neugeborenen Kalbes konnten in den Gruppen nicht gefunden werden. Die Hormonkonzentrationen des Kalbes hatten mit den Differenzen der Konzentrationen Kalb-Kuh in den Gruppen sehr enge positive Beziehungen ( $r = 0,902$  bis  $r = 0,985$ ). Die Q-Q Plots der Körpertemperatur und der Schilddrüsenhormonkonzentrationen bei Milchkühen und bei deren Kälbern (Insert bei Abb. 1 und 2) ließen die Qualität der Häufigkeitsverteilungen und die Unterschiede zwischen den Geburtstypen deutlich erkennen. Die Q-Q Plots der Schilddrüsenhormone und der Tageszeit der Geburt (Abb. 3) zeigten die unterschiedlichen Verteilungen von FT<sub>4</sub>, T<sub>4</sub> und FT<sub>3</sub> bei Kühen und bei Kälbern in den Gruppen sowie die Verteilungen der Geburten im Tagesverlauf. Korrelationen zwischen FT<sub>4</sub> und T<sub>4</sub> waren bei Kühen in GV1 und GV2 hochsignifikant, die zwischen FT<sub>3</sub> und T<sub>4</sub> waren nur in GV2 signifikant und die zwischen FT<sub>3</sub> und FT<sub>4</sub> waren bei GV1 schwach und bei GV2 hoch signifikant. Bei Kälbern waren die Korrelationen zwischen den Thyroidhormonen in GV1 und GV2 hoch signifikant.

Tabelle 3

Körpertemperatur und Schilddrüsenhormone der Milchkühe und der neugeborenen Kälber, Gruppen nach der Laktationsnummer der Kuh, LSM und SEM (Body temperature and thyroid hormones of dairy cows and of the newborn calves, groups by lactation number of dam, LSM and SEM)

	Laktation 1 (10)	Laktation 2 (27)	Laktation 3 (27)	Laktation 4 bis 9 (16)
<b>Milchkuh</b>				
Körpertemperatur (°C)	39,3 <sup>a</sup> 0,14	39,0 <sup>a,b</sup> 0,1	39,1 <sup>a,b</sup> 0,1	38,8 <sup>b,c</sup> 0,11
Thyroxin (T <sub>4</sub> ) (nmol/l)	62,6 6,5	57,8 3,9	50,0 3,9	44,1 5,1
Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> ) (pmol/l)	9,4 0,9	8,1 0,6	8,2 0,6	7,7 0,7
Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> ) (pmol/l)	5,8 0,3	5,1 0,2	5,5 0,2	5,4 0,2
<b>Kalb</b>				
Körpertemperatur (°C)	39,0 0,1	38,9 0,1	38,8 0,1	38,9 0,1
Thyroxin (T <sub>4</sub> ) (nmol/l)	311,6 42,0	338,4 25,6	348,9 25,6	362,8 33,2
Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> ) (pmol/l)	33,4 4,4	33,8 2,7	40,4 2,7	36,4 3,5
Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> ) (pmol/l)	9,0 0,8	9,3 0,5	9,5 0,5	8,7 0,6

a,b,c Mittelwerte mit gleichem Buchstaben nicht signifikant verschieden Anzahl der Tiere = ( )

### 3.5 Gruppen nach dem pH-Wert des Blutes des Kalbes

Die Rektaltemperatur der Kühe war in der pHG1 kleiner als in pHG3 und pHG4 (Tab. 4). Die Differenz Kalb-Kuh der Rektaltemperatur war nur in pHG3 sicher. Kälber der pHG2 hatten größere FT<sub>4</sub>-Werte als jene der pHG3 und pHG4 und Kälber der pHG1 hatten größere FT<sub>3</sub>-Werte als jene der pHG3 und pHG4 (Tab. 4). Die mittleren Differenzen Kalb-Kuh der Rektaltemperatur waren größer und diejenigen der Schilddrüsenhormone kleiner in pHG3 und pHG4 gegenüber pHG1 und pHG2 (Tab. 5). Die mittlere ZGM war signifikant unterschiedlich zwischen pHG1 sowie pHG3 und pHG4 (Tab. 5).

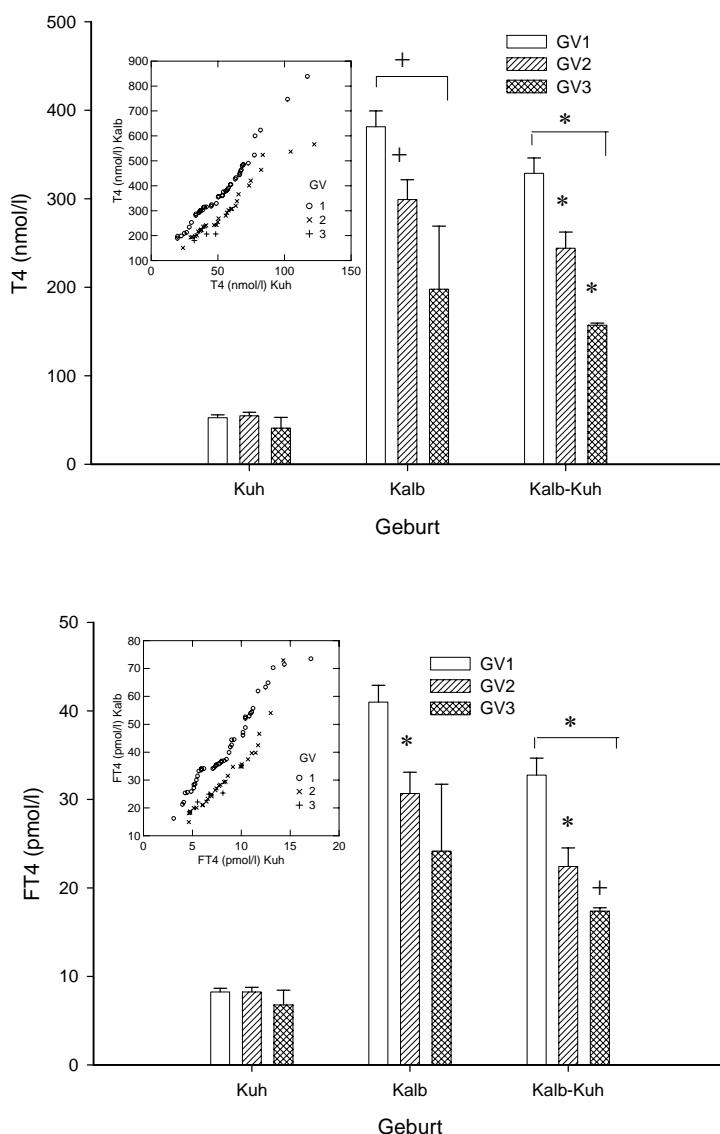


Abb. 1: T<sub>4</sub> (oberer Teil) und FT<sub>4</sub> (unterer Teil) bei Kühen und Kälbern nach der Geburt und die Differenz Kalb-Kuh der Konzentrationen von T<sub>4</sub> und FT<sub>4</sub>, Gruppen nach Geburtsverlauf, Least Squares Means und SEM, Insert: Q-Q Plots von T<sub>4</sub> und FT<sub>4</sub> bei Kuh und Kalb, (T<sub>4</sub> (top) and FT<sub>4</sub> (bottom) in dairy cows after giving birth and in newborn calves and the difference calf-cow of the concentration of T<sub>4</sub> and FT<sub>4</sub> , groups by birth type, LSM and SEM, insert: Q-Q Plots of T<sub>4</sub> and FT<sub>4</sub> of dams and of newborn calves)

Korrelationen zwischen FT<sub>4</sub> und T<sub>4</sub> der Kühe waren in allen Gruppen eng und hoch signifikant, diejenigen von FT<sub>3</sub> und FT<sub>4</sub> waren nur in pHG2 und pHG4 signifikant ( $p =$

0,003 und  $p = 0,007$ ) und diejenigen von  $\text{FT}_3$  und  $\text{T}_4$  waren nicht sicher. Bei Kälbern waren die Korrelationen von  $\text{FT}_4$  und  $\text{T}_4$  sowie  $\text{FT}_3$  und  $\text{FT}_4$  in allen Gruppen, diejenigen von  $\text{FT}_3$  und  $\text{T}_4$  nur in den Gruppen pHG2 und pHG3 eng und hoch signifikant (Ergebnisse nicht weiter angeführt). Zwischen pH-Wert sowie  $\text{pCO}_2$  und den Schilddrüsenhormonen konnten bei Kälbern signifikante lineare Korrelationen nachgewiesen werden (Tab. 6). Diese waren bei Kälbern der pHG3 und pHG4 im Falle von  $\text{pCO}_2$  eng und sicher ( $\text{FT}_4$ :  $r = -0,578$ ;  $p = 0,012$  und  $r = -0,519$ ;  $p = 0,023$ ;  $\text{T}_4$ :  $r = -0,622$ ;  $p = 0,006$  und  $r = -0,656$ ;  $p = 0,002$ ;  $\text{FT}_3$ :  $r = -0,568$ ;  $p = 0,014$ ) und bei jenen der pHG1 und pHG2 nicht nachweisbar.

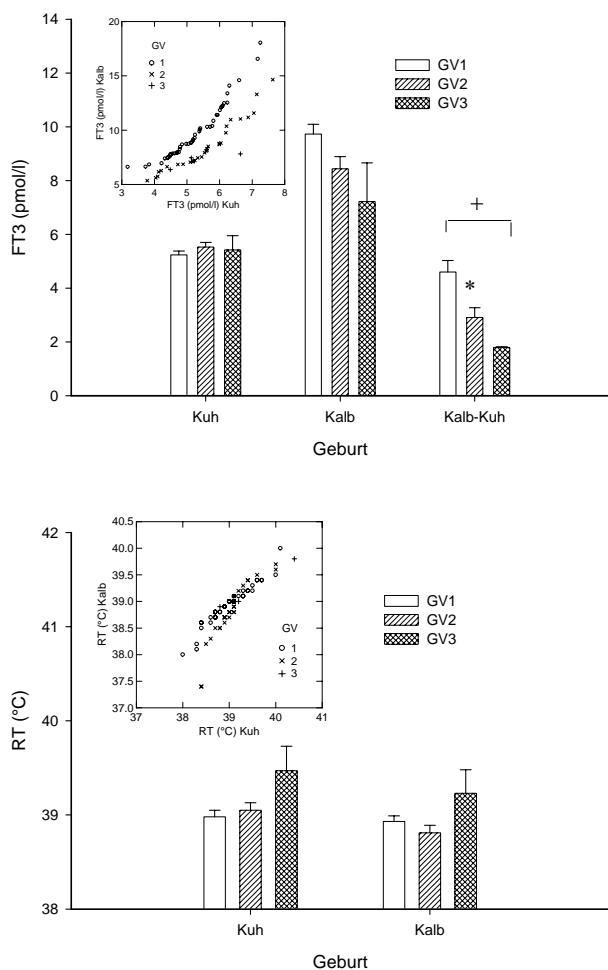


Abb. 2:  $\text{FT}_3$  (oberer Teil) und Körpertemperatur (RT, unterer Teil) bei Kühen und Kälbern nach der Geburt und die Differenz Kalb-Kuh der Variablen, Gruppen nach Geburtsverlauf, Least Squares Means und SEM, Insert: Q-Q Plots von  $\text{FT}_3$  und RT bei Kuh und Kalb ( $\text{FT}_3$  (top) und body temperature (RT, bottom) in dairy cows after giving birth and in newborn calves and the difference calf-cow of the variables, groups by type of birth, LSM and SEM, insert: Q-Q Plots of  $\text{FT}_3$  and RT of dams and of newborn calves)

#### 4. Diskussion

Die größere interindividuelle Variation der Konzentration, die für  $\text{T}_4$  und  $\text{FT}_4$  bei Feten (NATHANIELSZ et al., 1979) und neugeborenen Kälbern (ALSCHER, 1989; GROGNET et al., 1985; GRÜNBERG, 1996; STEINHARDT et al., 1996) beschrieben worden ist, bestätigte sich in den vorliegenden Untersuchungen, ein Einfluss des Al-

ters der Kuh deutete sich an, ein solcher der geburtshilflichen Maßnahmen unter gebräuchlichen betrieblichen Bedingungen sowie der Zeit zwischen Geburt und Messung (ZGM) und des  $p\text{CO}_2$  des venösen Blutes des Kalbes auf die Variation konnte aufgezeigt werden. Beziehungen der Differenzen Kalb-Kuh der Rektaltemperatur in gleicher Stärke zu der Rektaltemperatur der Kuh und zu der Rektaltemperatur des Kalbes sind ein Ausdruck dafür, dass Änderungen der Körpertemperatur bei Kühen und bei Kälbern in der postpartalen Periode in gleicher Qualität vonstatten gegangen waren.

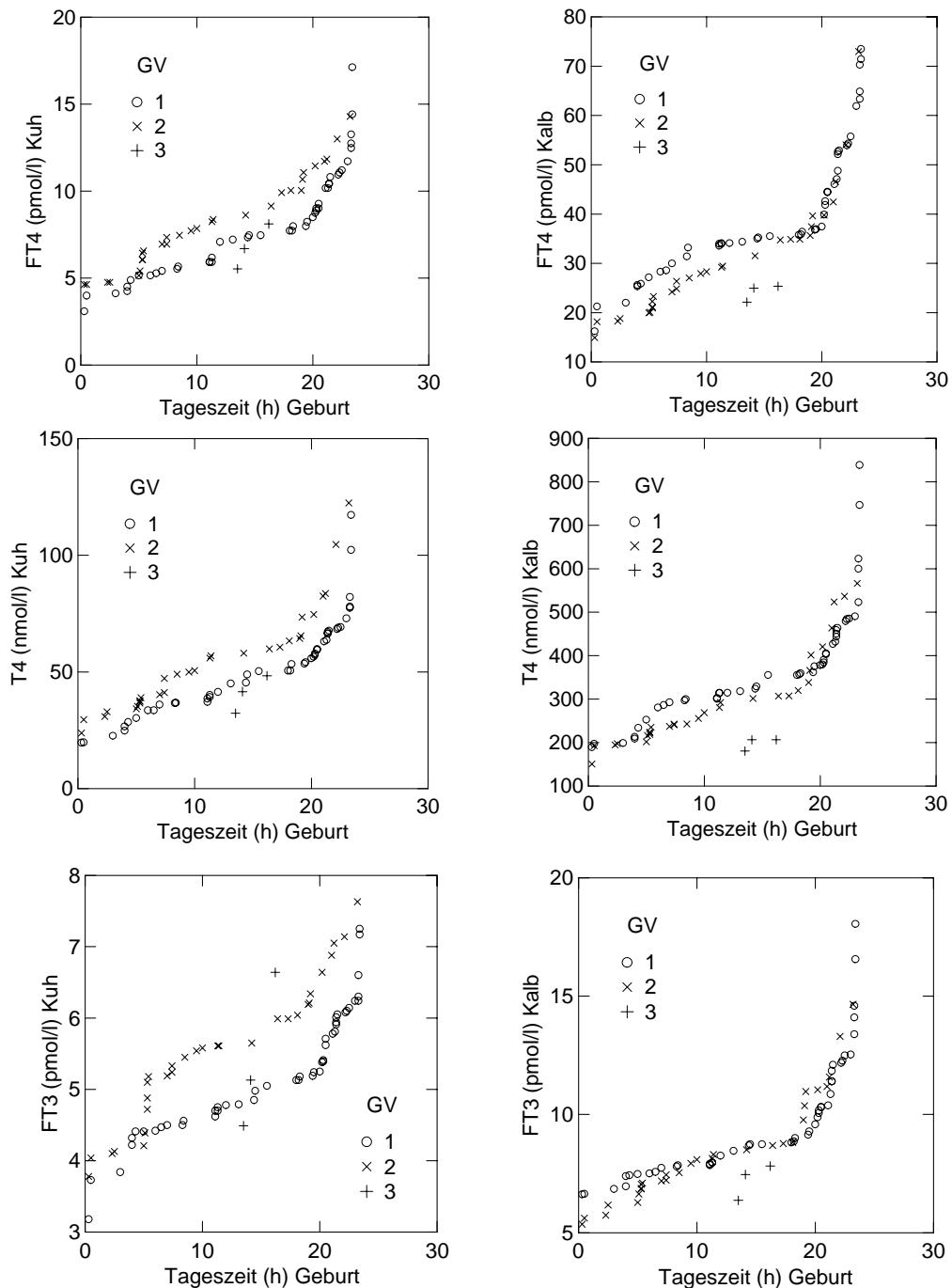


Abb. 3: Q-Q Plots der Tageszeit der Geburt und der Konzentrationen von  $\text{T}_4$ ,  $\text{FT}_4$  und  $\text{FT}_3$  bei Kühen (linker Teil) und bei Kälbern (rechter Teil), (Q-Q Plots of time of day of birth and concentration of  $\text{T}_4$ ,  $\text{FT}_4$  and  $\text{FT}_3$  in dairy cows (left part) and in newborn calves (right part))

Die T<sub>4</sub>-Werte der Kühe waren in Übereinstimmung mit anderen Angaben (ALSCHER, 1989; RUDAS et al., 1990), wenn das Alter (die Laktationsnummer) berücksichtigt wurde. Bei jungen Mutterkühen waren die peripartalen Änderungen derselben geringgradig (GRÜNBERG, 1996). Milchkühe zeigten einen Anstieg der T<sub>4</sub>- und T<sub>3</sub>-Werte etwa 20 Tage vor der Kalbung und einen deutlichen Abfall der Werte in der peripartalen Periode (Anbindehaltung, Blutprobengewinnung zwischen 13.00 und 14.30 Uhr, BLUM et al. 1983). Milchkühe mit größerer Laktationsleistung hatten signifikant niedrigere T<sub>4</sub>- und T<sub>3</sub>-Werte als jene mit einer kleineren Leistung. Eine verringerte Energieaufnahme, wie sie in der geburtsnahen Zeit häufiger festzustellen war, ging mit einer Abnahme der Konzentrationen von T<sub>3</sub>, FT<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> und FT<sub>4</sub> einher (BLUM et al., 1980).

Tabelle 4

Körpertemperatur und Schilddrüsenhormone der Milchkühe und der neugeborenen Kälber, Gruppen nach dem pH-Wert des Blutes des Kalbes (pH-Gruppe1 bis pH-Gruppe4), Least Squares Means und SEM (Body temperature and thyroid hormones of dairy cows and of the newborn calves, groups by pH value of calf blood (pH-group1 to pH-group4), LSM and SEM)

	pH-Gruppe1 (19)	pH-Gruppe2 (24)	pH-Gruppe3 (18)	pH-Gruppe4 (19)
<b>Milchkuh</b>				
Körpertemperatur (°C)	38,8 <sup>a</sup> 0,1	39,0 <sup>a,b</sup> 0,1	39,2 <sup>b,c</sup> 0,1	39,2 <sup>b,c</sup> 0,1
Thyroxin (T <sub>4</sub> ) (nmol/l)	47,5 4,9	54,7 4,3	54,7 5,0	54,8 4,9
Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> ) (pmol/l)	7,2 0,7	8,9 0,6	7,9 0,7	8,5 0,7
Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> ) (pmol/l)	5,1 0,2	5,5 0,2	5,4 0,2	5,4 0,2
<b>Kalb</b>				
Körpertemperatur (°C)	38,8 0,1	38,9 0,1	38,9 0,1	39,0 0,1
Thyroxin (T <sub>4</sub> ) (nmol/l)	373,7 29,0	389,9 25,8	297,8 29,8	297,9 29,0
Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> ) (pmol/l)	40,0 <sup>a,b</sup> 3,0	42,7 <sup>a</sup> 2,7	31,2 <sup>a,b,c</sup> 3,1	30,1 <sup>a,b,c</sup> 3,0
Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> ) (pmol/l)	10,3 <sup>a</sup> 0,5	10,2 <sup>a</sup> 0,5	7,9 <sup>b</sup> 0,6	8,2 <sup>b</sup> 0,5

a,b,c Mittelwerte mit gleichen Buchstaben nicht signifikant verschieden Anzahl der Tiere = ( )

Bei Laufstallhaltung kann auch bei reichlichem Futterangebot und einem Tier-Freßplatz-Verhältnis von 1 zu 1 die Futterverfügbarkeit einzelner Tiere in Abhängigkeit z. B. von Alter, Körpermasse und Rangstellung sowie Gruppenzusammensetzung sehr unterschiedlich sein und stärker variieren als bei Anbindehaltung. Untersuchungsbefunde über derartige Effekte auf die Thyroidhormonwerte liegen anscheinend nicht vor. Negative Beziehungen zwischen FT<sub>3</sub> der Kuh und der Konzentrationsdifferenz Kalb-Kuh in der LANRG3 und LANRG4 deuteten darauf hin, dass bei Kühen, insbesondere bei älteren Kühen stärkere Abnahmen von FT<sub>3</sub> (und auch von T<sub>3</sub>) vor-

kommen können. Nicht nachweisbare Korrelationen zwischen den untersuchten Variablen der Kuh und Zeit der Geburt bis zur Messung in der vorliegenden Untersuchung ließen die Schlussfolgerung zu, dass sich die Konzentrationen der Hormone in diesem Zeitraum unmittelbar nach der Kalbung bei den Kühen wenig änderten.

Die im Vergleich mit anderen Untersuchungen (GROGNET et al., 1985; GRÜNBERG, 1996; RUDAS et al., 1990) höheren Thyroidhormonwerte der Kälber waren kausal auf die Qualität des untersuchten Tiermaterials (genetische Konstruktion, Zusammensetzung und Anpassung der Herde), auf Klimaeffekte und die Vorgehensweise bei geburtshilflichen Maßnahmen und bei der Probengewinnung zurückzuführen. Die T<sub>4</sub>-Werte der Kälber waren in Übereinstimmung mit den Angaben von VERMOREL et al. (1989), wenn das Alter der Muttertiere und die Geburtstypen berücksichtigt wurden. Das Geschlecht des Kalbes war an der Variation der Thyroidhormonkonzentrationen bei neugeborenen Kälbern beteiligt und beeinflusste Effekte der Geburtstypen im Falle von T<sub>4</sub> und der Rektaltemperatur der Kuh und Effekte der pH-Gruppen im Falle von FT<sub>3</sub> (Ergebnisse nicht weiter angeführt). Geschlechtsunterschiede wie größere T<sub>4</sub>-Werte (GROGNET et al., 1985; GRÜNBERG, 1996; KAHL et al. 1977; STEINHARDT et al., 1996) und ein größeres Schilddrüsengewicht bei weiblichen gegenüber männlichen Kälbern (STEINHARDT et al., 1993) waren bei den Nachkommen von Kühen noch stärker ausgeprägt als bei solchen der Primigravidae.

Die Entwicklung des fetalen Hypothalamus-Hypophysen-Thyroidhormonsystem (HHT) erfolgte für eine lange Zeit unter dem Einfluß des maternalen HHT. Der stetige Anstieg der T<sub>4</sub>- und FT<sub>4</sub>-Konzentration beim Fetus in den beiden letzten Trimestern des intrauterinen Lebens bis über die maternalen T<sub>4</sub>- und FT<sub>4</sub>-Werte hinaus (POLK, 1995; STRBAK u. TOMSIK, 1988) zeigte die zunehmende Aktivität der fetalen Thyreidea (AVIVI et al., 1981; MASINI-REPISO et al., 1998) und die Entwicklung peripherer Komponenten des HHT sowie des Thyroxinmetabolismus, bei denen die durch viele hormonelle Komponenten beeinflußten Monodeiodinasen eine zunehmend größere Rolle spielten. Die T<sub>3</sub>- und FT<sub>3</sub>-Konzentrationen blieben weit unter denen des Muttertieres bis wenige Tage vor der Geburt.

Tabelle 5

Differenzen der Körpertemperatur und der Schilddrüsenhormone zwischen neugeborenem Kalb und Milchkuh, Gruppen nach dem pH-Wert des Blutes des Kalbes, MW und SD (Differences of body temperature and of thyroid hormones between calf and dam, groups by pH value of calf blood, MV and SD)

	pH-Gruppe 1 (19)	pH-Gruppe 2 (24)	pH-Gruppe 3 (18)	pH-Gruppe 4 (19)
Körpertemperatur (°C)	0,03 <sup>a</sup> 0,4	-0,13 <sup>b</sup> 0,6	-0,27 <sup>*b,c</sup> 0,5	-0,16 <sup>b,c</sup> 0,5
Thyroxin (T <sub>4</sub> ) (nmol/l)	326,3 <sup>*a</sup> 158,0	335,3 <sup>*a</sup> 134,11	243,2 <sup>*b,c</sup> 93,6	243,1 <sup>*b,c</sup> 103,1
Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> ) (pmol/l)	32,7 <sup>*a</sup> 15,1	33,8 <sup>*a</sup> 12,1	23,4 <sup>*b</sup> 11,7	21,6 <sup>*b</sup> 13,3
Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> ) (pmol/l)	5,2 <sup>*a</sup> 3,2	4,7 <sup>*a</sup> 2,3	2,5 <sup>*b</sup> 1,7	2,8 <sup>*b</sup> 2,3
Zeit Geburt-Messung (min)	561 <sup>a</sup> 59	390 <sup>a,b</sup> 53	277 <sup>b,c</sup> 61	196 <sup>b,c</sup> 59

\* Mittelwertunterschiede Kalb gegen Kuh signifikant

a,b,c Mittelwerte mit gleichen Buchstaben zwischen den Gruppen nicht signifikant verschieden; Anzahl der Tiere = ( )

Die Menge und Konzentration der Trägerproteine, an welche die Thyroidhormone im Plasma größtenteils gebunden sind (Thyroxinbindendes Globulin, TBG, 70-75%; thyroxinbindendes Präalbumin, TBPA, 20-25%; und Albumin, 5-10%), und deren Affinität für die Thyroidhormone können im peripartalen Zeitraum auffällig variieren. Sie wurden wenige Tage vor der Geburt so verändert, dass die Konzentration von T<sub>4</sub> etwas verringert und diejenige von FT<sub>4</sub> vergrößert war.

Tabelle 6

Korrelationen und Regressionen des pH-Wertes sowie des pCO<sub>2</sub> des venösen Blutes mit den Schilddrüsenhormonen des Kalbes (Correlations and regressions of pH value and of carbon dioxide pressure of venous blood with thyroid hormones of the calf)

	Thyroxin (T <sub>4</sub> )	Freies Thyroxin (FT <sub>4</sub> )	Freies Trijodthyronin (FT <sub>3</sub> )
pH-Wert	y = 296,73x - 1813,3 r = 0,22 p = 0,046	y = 37,61x - 236,9 r = 0,264 p = 0,018	y = 6,9x - 40,99 r = 0,268 p = 0,016
pCO <sub>2</sub>	y = -5,35x + 681,8 r = -0,37 p = 0,001	y = -0,67x + 78,77 r = -0,43 p = 0,000	y = -0,117x + 16,59 r = -0,415 p = 0,000

Intra- und vor allem postpartal durch vermehrte Freigabe von Thyrotropin releasing hormone und Thyreoidea-stimulierendes Hormon ausgelöste Änderungen der Hormonkonzentrationen erfolgten von einem interindividuell unterschiedlichen Niveau aus, wiesen einen spezifischen Zeitbedarf für T<sub>4</sub>, FT<sub>4</sub>, T<sub>3</sub> und FT<sub>3</sub> auf und erreichten unterschiedliche Spitzenwerte. Die hochgradigen Beziehungen der Konzentrationsdifferenzen Kalb-Kuh zu den Hormonkonzentrationen der Kälber waren ein Ausdruck dafür, dass bei Kälbern gegenüber den Kühen die stärkeren Konzentrationsänderungen abliefen. Zeitangaben für den Beginn dieser Reaktionen der Kälber nach der Geburt betrafen 2 bis 7 h (ALSCHER, 1989; VERMOREL et al., 1989). Die durch quadratische Funktionen charakterisierte Beziehung von Thyroidhormonkonzentrationen der Kälber und Zeit der Geburt bis Messung sprachen dafür, dass die Messungen der vorliegenden Untersuchung diesen Zeitbereich erfasst hatten, und dass der individuelle Reaktionsgrad durch weitere Faktoren beeinflusst worden war, denn die Zeit der Geburt bis zur Messung war nur geringgradig bestimmt für die Thyroidhormonwerte (Bestimmtheitsmaße R<sup>2</sup> = 0,242 bis R<sup>2</sup> = 0,291). Engere Korrelationen zwischen Thyroidhormonwerten und der Zeit der Geburt bis zur Messung bei Kälbern aus der Mutterkuhhaltung und bei einer Abkalbung außerhalb des Stalles (T<sub>4</sub>: r = 0,576; FT<sub>4</sub>: r = 0,773; FT<sub>3</sub>: r = 0,634; GRÜNBERG et al., 1998) gegenüber im Anbindestall geborenen Kälbern (T<sub>4</sub>: r = 0,375; FT<sub>4</sub>: r = 0,458; T<sub>3</sub>: r = 0,573; FT<sub>3</sub>: r = 0,608; STEINHARDT et al., 1996) wiesen auf Klimaeffekte hin. Tageszeitliche Wirkungen auf die Reaktionsfähigkeit der Kälber waren bisher anscheinend nicht zuverlässig untersucht worden und nicht ausreichend einschätzbar. Eine Synchronisierung des Fetus war aufgrund der gleichartigen rhythmischen Variationen zum Beispiel der Melatoninkonzentrationen und der placentären Passierbarkeit des Melatonin für sehr wahrscheinlich gehalten worden (Schaf: McMILLEN et al., 1995). Bemerkenswert waren unterschiedliche Reaktionsgrade bei Kälbern, die in verschiedenen Tageszeitbereichen geboren wurden (Abb. 3).

Kleinere Thyroidhormonkonzentrationen nach assistierten Geburtsverläufen (Abb. 1 und 2) zeigen die unterschiedliche Reaktivität der Tiere in Abhängigkeit von der Vorgehensweise bei der Geburtshilfe und bei den Messungen sowie auch von den Thyroidhormonwerten der Kuh (Abb. 3) und auch von den Umgebungsbedingungen. Eine

forcierte Extraktion kann infolge stärkerer Druckwirkungen auf den Kopf und Halsbereich der Kälber zu einer vorübergehenden Einschränkung zentralnervaler Funktionen und auch der der Thyreoidea beigetragen haben (LANGANKE et al., 1992). Länger andauernde Kompressionen des Nabelstranges und intrapartale Reize (Temperatur und taktile) können zu einer Aktivierung der Hormonfreigabe aus der Thyreoidea führen. Beziehungen zwischen den Thyroidhormonwerten und dem  $p\text{CO}_2$  des venösen Blutes des Kalbes und auch solche geringeren Grades zum pH-Wert deuteten auf gleichzeitige Änderungen dieser Variablen hin, die durch die Entwicklungsqualität und die Qualität der Anpassung der Kälber und auch durch die Zeit der Geburt bis zur Messung beeinflusst wurden (Tab. 6). Kälber mit schwierigen Geburten waren in pHG3 und pHG4 häufiger vertreten als in pHG1 und pHG2 (Tab. 1). Enge Beziehungen von  $T_4$ ,  $\text{FT}_4$ ,  $T_3$ ,  $\text{FT}_3$  und pH ( $r = 0,481$ ;  $r = 0,463$ ;  $r = 0,547$ ;  $r = 0,579$ ) sowie  $p\text{CO}_2$  ( $r = -0,555$ ;  $r = -0,567$ ;  $r = -0,498$ ;  $r = -0,642$ ) bei jungen Mutterkühen (GRÜNBERG, 1996) und schwache Beziehungen zwischen  $T_4$  und  $T_3$  und dem pH-Wert des Blutes des Kalbes ( $T_4$ :  $r = -0,063$ ;  $T_3$ :  $r = -0,067$ ) nach den Abkalbungen älterer Milchkühe (RUDAS et al., 1990) deuteten auf Effekte weiterer Faktoren auf die Reaktivität neugeborener Kälber hin. Zusammenfassend kann festgestellt werden: Die in gebräuchlichen Milchrindhaltungen ausgeübten geburtshilflichen Maßnahmen können die Thyroidhormonkonzentrationen der neugeborenen Kälber und dadurch auch die Anpassungsfähigkeit der Tiere beeinflussen. Die Konzentrationen von Thyroxin und freiem Thyroxin im Blut der Kälber waren bei unterstützten Geburtsverläufen signifikant kleiner als bei spontanen Geburten. Bezuglich des freien Trijodthyronin waren die Differenzen Kalb-Kuh bei unterstützten Geburten signifikant kleiner als bei spontanen Geburten. Lineare Korrelationen zwischen den Variablen der Kuh und des Kalbes konnten nicht gefunden werden. Effekte des pH-Wertes und des Kohlendioxidpartialdruckes des Blutes auf die Thyroidhormonkonzentrationen der Kälber konnten aufgezeigt werden.

## Literatur

- ALSCHER, B.: Einfluß der normalen Geburt auf den thyroidalen Status neugeborener Kälber und deren Mütter. Vet. Med. Diss. Univ. Gießen 1989
- AUSTIN, A. R.; WHITEHEAD, D. C.; LEDU, Y. L. P.: The influence of dietary iodine on iodine in the blood serum of cows and calves in the perinatal period. Res. Vet. Sci. **28** (1980), 128-130
- AVIVI, A.; SHEMESH, M.; LINDNER, H. R.: The ontogeny of the thyrotropin-thyroid axis in early bovine embryos. Endocrinol. **109** (1981) 5, 1611-1618
- BLUM, J. W.; GINGINS, M.; VITINS, P.; BICKEL, B.: Thyroid hormone levels related to energy and nitrogen balance during weight loss and regain in adult sheep. Acta Endocrinol. **93** (1980), 440-447
- BLUM, J. W.; KUNZ, P.; LEUENBERGER, H.: Thyroid hormones, blood plasma metabolites and haematological parameters in relationship to milk yield in dairy cows. Anim. Prod. **36** (1983), 93-104
- GRONGNET, J. F.; GRONGNET-PINCHON, E.; WITOWSKI, A.: Neonatal levels of plasma thyroxine in male and female calves fed a colostrum or immunoglobulin diet or fasted for first 28 hours of life. Reprod. Nutr. Develop. **25** (1985), 537-543
- GRÜNBERG, W.: Untersuchungen zur Eignung der Rinderrasse Deutsch Schwarzbunt (DSB) für eine ganzjährige Außenhaltung in besonderer Berücksichtigung der Abkalbung. Vet. Med. Diss. Hannover 1996
- GRÜNBERG, W.; STEINHARDT, M.; RATH, D.; NIEMANN, H.:

- Schilddrüsenhormone bei Saugkälbern der Rasse Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian. Tierärztl. Prax. **26G** (1998), 318-325
- HEDEKER, D.; GIBBSONS, R. D.: MIXREG: A computer program for mixed-effects regression analysis with autocorrelated errors. Computer Methods and Programs in Biomedicine **49**, 229-252
- KAHL, S.; WRENN, T. R.; BITMAN, J.: Plasma tri-iodothyronine and thyroxine in young growing calves. J. Endocrinol. **73** (1977), 397-398
- LANGANKE, M.; STEINHARDT, M.; BÜNGER, U.; FIEBIG, U.; GOLLNAST, I.: Geburtsschäden und perinatale Verluste bei Kälbern einer großen Milchrindherde. Tierärztl. Prax. **20** (1992) 5, 462-468
- MASINI-REPISO, A. M.; ORGNERO-GAISA N, E.; BONATERRA, M.; CABANILLAS, A. M.; COLONI, A. H.: Biochemical and functional changes during the bovine fetal thyroid development. Thyroid **8** (1998) 1, 71-80
- MCMILLEN, I. C.; HOUGHTON, D. C.; YOUNG, I. R.: Melatonin and the development of circadian and seasonal rhythmicity. J. Reprod. Fertil., Suppl. **49** (1995), 137-146
- MÜLLER, U.; LEUTHOLD, G.; REINICKE, P. : Möglichkeiten einer indirekten Selektion gegen *residual feed intake* beim Milchrind. Arch. Tierz., Dummerstorf **38** (1995) 3, 277-287
- MÜLLER, U.; DALLE, T. ; LEUTHOLD, G.; STAUFENBIEL, R.; KRÜGER, M.; KRETZSCHMAR, C.; SEIDLER, T.; SCHMIDT, M. F. G.: Züchtungsbiologische Charakterisierung der Beziehungen zwischen Stoffwechselindikatoren und immunkompetenten Merkmalen bei hungerbelasteten Milchrindbullen. Arch. Tierz., Dummerstorf **41** (1998) 4, 359-370
- NATHANIELSZ, P. W.; FISHER, D. A.: Thyroid function in the perinatal period. Anim. Prod. Sci. **2** (1979), 57-62
- POLK, D. H.: Thyroid hormone metabolism during development. Reprod. Fertil. Dev. **7** (1995), 469-477
- POLK, D. H.; REVICZKY, A.; LAM, R. W.; FISHER, D. A.: Thyrotropin releasing hormone in the ovine fetus: ontogeny and effect of thyroid hormone. Am. J. Physiol. **260** (1991), E53-E58
- RUDAS, P.; SZENCI, O.; PETHES, G.; BARTYIK, J.: Correlation between thyroid hormone level and blood pH in cows and in their offspring. Acta Vet. Hung. **38** (1990) 1, 87-93
- STEINHARDT, M.; BÜNGER, U.; LANGANKE, M.; FIEBIG, U.; GOLLNAST, I.: Bemerkungen zum Reifegrad totgeborener Kälber. Tierärztl. Prax. **21** (1993), 201-208
- STEINHARDT, M.; THIELSCHER, H.-H.; HORN, T. von; HORN, R. von; ERMGASSEN, K.; SMIDT, D.: Schilddrüsenhormone bei Milchrindkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen. Variationsbreite, maternofetale Beziehungen und individualsezifische Reaktionsformen. Dtsch. tierärztl. Wschr. **103** (1996), 136-141
- STEINHARDT, M.; THIELSCHER, H.-H. : Wachstum und Entwicklungsqualität von Milchrindkälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. Physiologische Variablen und deren Änderung in spezifischen Altersperioden. Arch. Tierz., Dummerstorf **43** (2000) 1, 27-44
- STRBAK, V.; TOMSIK, F.: Thyroid hormone levels in cow maternal and fetal sera during last trimester of pregnancy. Endocrinologia Experimentalis **22** (1988), 113-116
- VERMOREL, M.; VERNET, J.; DARDILLAT, C.; SAIDO; DEMIGNE, C.; DAVICCO, M. – J.: Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf; effect of calving conditions. Can. J. Anim. Sci. **69** (1989), 113-122

Eingegangen: 22.10.2004

Akzeptiert: 29.04.2005

Autor für Korrespondenz  
 Dr. habil. MARTIN STEINHARDT  
 Trenthorst 18  
 23847 WESTERAU

E-mail: Martin.Steinhardt@gmx.de