

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen  
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Klee

# **Sonographische Darstellung der Glandula thyreoidea beim Kalb**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Sandra Gertrud Rosa Uebelhack

aus Coburg

München 2012

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Klee

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Dr. habil. Peters

Tag der Promotion: 11. Februar 2012

*„Die Zukunft gehört denen, die an die Schönheit ihrer Träume glauben.“*

*E. Roosevelt*

Für Mama – in memoriam

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Die Schilddrüse als endokrines Organ .....</b>	<b>2</b>
1.1	Embryologie und Anatomie der Schilddrüse .....	2
1.2	Physiologie der Schilddrüse .....	3
1.3	Schilddrüsenhormone .....	4
1.4	Einflüsse auf die Blutspiegel der Schilddrüsenhormone.....	6
<b>2</b>	<b>Schilddrüsensonographie.....</b>	<b>11</b>
2.1	Durchführung .....	12
2.2	Sonographisches Erscheinungsbild .....	14
2.3	Abmessungen .....	15
<b>III</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>18</b>
<b>1</b>	<b>Patientengut .....</b>	<b>18</b>
1.1	Rasse.....	19
1.2	Alter.....	19
1.3	Geschlecht .....	19
1.4	Körpermasse .....	19
<b>2</b>	<b>Sonographische Untersuchung.....</b>	<b>20</b>
2.1	Durchführung .....	20
2.2	Abmessungsparameter.....	21
2.3	Untersuchung in der Transversalebene .....	24
2.4	Darstellung der Schilddrüse im anatomischen Gefrierschnitt.....	28
2.5	Untersuchung in der Longitudinalebene .....	29
2.6	Problematik der sonographischen Messung .....	31
<b>3</b>	<b>Untersuchungen an euthanasierten Kälbern .....</b>	<b>33</b>
3.1	Präparation der Schilddrüse.....	33
3.2	Abmessungen am Exstirpat der Schilddrüse .....	34
<b>4</b>	<b>Bestimmung der T<sub>4</sub>-Konzentration.....</b>	<b>38</b>
4.1	Blutentnahme.....	38
4.2	Blutuntersuchung.....	38

<b>5</b>	<b>Statistische Auswertung.....</b>	<b>39</b>
<b>IV</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>42</b>
<b>1</b>	<b>Präzision der sonographischen Messung.....</b>	<b>42</b>
<b>2</b>	<b>Vermessungen an der Schilddrüse.....</b>	<b>43</b>
2.1	Vermessungen mittels Sonographie .....	43
2.2	Vermessungen mittels Schieblehre.....	43
2.3	Korrelation zwischen Messungen mittels Schieblehre und mittels Sonographie .....	45
<b>3</b>	<b>Volumetrie.....</b>	<b>46</b>
3.1	Volumetrie am Schilddrüsenpräparat mittels Wasserverdrän- gungsmethode ( $V_W$ ).....	46
3.2	Berechnung der Beziehung zwischen den mittels Sonographie und Wasserverdrängungsmethode ermittelten Daten .....	46
3.3	Volumenberechnung.....	48
3.3.1	Berechnung des absoluten Schilddrüsenvolumens ( $V_{\text{Sono}}$ ) aus den Sonographiedaten .....	48
3.3.2	Berechnung des Volumens der Schilddrüse in Relation zur Körpermasse ( $V_{\text{Sono relativ}}$ ).....	49
<b>4</b>	<b>Zusammenhang zwischen Schilddrüsenvolumen und verschiedenen tierspezifischen Faktoren.....</b>	<b>50</b>
4.1	Alter.....	50
4.2	Körpermasse .....	51
4.3	Rasse.....	53
4.4	Geschlecht .....	54
4.5	Lebende Tiere mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierte Tiere ..	54
<b>5</b>	<b>T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum von Kälbern.....</b>	<b>56</b>
5.1	T <sub>4</sub> -Konzentrationen im Serum von allen untersuchten Probanden .....	56
5.2	Unterschiede der T <sub>4</sub> -Konzentration im Serum von lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und von euthanasierten Tieren .....	56
<b>6</b>	<b>Zusammenhang zwischen T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum von Kälbern und verschiedenen tierspezifischen Faktoren.....</b>	<b>58</b>
6.1	Alter.....	58

---

6.2	Körpermasse .....	58
6.3	Rasse.....	58
6.4	Geschlecht .....	59
6.5	Schilddrüsenvolumen .....	60
<b>V</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>61</b>
<b>1</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>61</b>
<b>2</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>62</b>
<b>3</b>	<b>Schlussbetrachtung.....</b>	<b>69</b>
<b>VI</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>70</b>
<b>VII</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>72</b>
<b>VIII</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>74</b>
<b>IX</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>88</b>
<b>1</b>	<b>Untersuchungsprotokoll.....</b>	<b>88</b>
<b>2</b>	<b>Tabellen .....</b>	<b>89</b>
<b>X</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>101</b>

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

$\mu\text{g/dl}$	Mikrogramm/Deziliter
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
B <sub>S</sub>	Breite aus sonographischer Messung
f	Faktor
fT <sub>3</sub>	Freies Trijodthyronin
fT <sub>4</sub>	Freies Thyroxin
H <sub>S</sub>	Höhe aus sonographischer Messung
KM	Körpermasse
L <sub>S</sub>	Länge aus sonographischer Messung
M.	Musculus
MHz	Megahertz
Mm.	Musculi
MW	Mittelwert
MW <sub>SL</sub>	Mittelwert aus Messung mittels Schieblehre
MW <sub>Sono</sub>	Mittelwert aus Messung mittels Sonographie
N.	Nervus
nmol/l	Nanomol/Liter
p	Signifikanzwert
p. n.	Post natum
r	Korrelationskoeffizient
rT <sub>3</sub>	Reverses Trijodthyroinin
STABW	Standardabweichung
STABW <sub>SL</sub>	Standardabweichung Schieblehremessungen
STABW <sub>Sono</sub>	Standardabweichung Sonographiemessungen
T <sub>3</sub>	Trijodthyronin
T <sub>4</sub>	Thyroxin
TRH	Thyreotropin-Releasing-Hormon
TSH	Thyreostimulierendes Hormon
V.	Vena
Vk	Variationskoeffizient
V <sub>S</sub>	Schilddrüsenvolumen aus Daten der Messung mittels Sonographie
V <sub>Sono</sub>	Absolutes Schilddrüsenvolumen aus Daten der Messung mittels Sonographie berechnet mit Korrekturfaktor 0,632
V <sub>Sono relativ</sub>	Relatives Schilddrüsenvolumen aus Daten der Sonographie berechnet mit Korrekturfaktor 0,632

$V_w$	Absolutes Schilddrüsenvolumen aus Messung durch Wasserverdrängungsmethode
$V_{W\text{ relativ}}$	Relatives Schilddrüsenvolumen aus Daten der Wasserverdrängungsmethode



# I EINLEITUNG

Hintergrund für die Entstehung der vorliegenden Arbeit ist ein Fallbericht (SCHLEMMER et al., 2008) aus der Klinik für Wiederkäuer der Ludwigs-Maximilians-Universität München. In diesem Fallbericht wurden Kälber mit palpierbaren faustgroßen Umfangsvermehrungen im Kehlgangsbereich beschrieben, die aufgrund der klinischen Untersuchung, der sonographischen Darstellung und später erfolgter Sektion als Struma angesprochen wurden. Allerdings fehlten Referenzwerte aus der zugänglichen Literatur, so dass eine Einordnung der Struma nur unzureichend möglich war.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war die Erarbeitung einer standardisierten Methode zur Darstellung und Vermessung der Schilddrüse mittels Sonographie bei Kälbern, die jünger als 3 Monate waren. Außerdem sollte die Präzision der Methode durch wiederholte Messungen evaluiert werden und eine Berechnungsgrundlage zur Schätzung des tatsächlichen Volumens aufgrund von sonographisch ermittelten Messdaten erstellt werden.

Ferner sollten Zusammenhänge zwischen Alter, Geschlecht, Rasse und Körpermasse im Bezug auf die Schilddrüsengröße bestimmt werden.

## II LITERATURÜBERSICHT

### 1 Die Schilddrüse als endokrines Organ

Die Schilddrüse (*Glandula thyreoidea*) nimmt mannigfaltige Aufgaben im Stoffwechsel wahr. Sie ist an der Regulation des Grundumsatzes, des Körperwachstums, der Körpertemperatur, des Kohlenhydratstoffwechsels und des Kalziumblutspiegels beteiligt (KÖNIG & LIEBICH, 2002).

#### 1.1 Embryologie und Anatomie der Schilddrüse

Die Entwicklung der Schilddrüse hat ihren Ursprung in einer Epithelverdickung am Boden des Schlunddarms (SINOWATZ, 1998) im Bereich der ersten und zweiten Schlundtasche (GILLE & CERNY, 2008). Dort wächst der Epithelpross in das Mesenchym ein, und die Anlage entwickelt sich zu einem schlauchartigen Gebilde (*Ductus thyreoglossus*), an dessen Ende ein zweizipfeliges Divertikel ausgebildet wird (SINOWATZ, 1998). Nun wandert die Anlage am Kehlkopfknorpel vorbei bis zum Anfangsteil der Trachea, wo sie ihre endgültige Lage erreicht (SINOWATZ, 1998). Schließlich entstehen die Seitenlappen der Schilddrüse aus den Seitenteilen der embryonalen Anlage, und der *Ductus thyreoglossus* bildet sich zurück (SINOWATZ, 1998). Bei unvollständiger Rückbildung des *Ductus thyreoglossus* besteht die Möglichkeit der Zystenbildung und der Bildung von akzessorischen Schilddrüsen, welche eine variable Lage aufweisen können (GILLE & CERNY, 2008). Während der embryonalen Kaudalverlagerung der Schilddrüse kommt es zum Kontakt und zur Einbeziehung von Material aus dem Entoderm der vierten und fünften Schlundtasche, das ursprünglich aus dem Ektoderm der Neuralleiste stammt (GILLE & CERNY, 2008). Dieses Material stellt den Vorläufer der C-Zellen dar, die später das Hormon Calcitonin bilden (SINOWATZ, 1998).

Nach der Entwicklungsphase befindet sich die Schilddrüse dorsolateral an der Trachea kaudal vom Kehlkopf (GILLE & CERNY, 2008). Zwischen Schilddrüse

und Luftröhre besteht eine lockere, bindegewebige Verbindung. Anatomisch ist die Schilddrüse aus einem rechten und einem linken Lappen (*Lobus dexter und Lobus sinister*) aufgebaut, welche durch ein Mittelstück (*Isthmus*), das ventral der Trachea liegt, miteinander verbunden sind (KÖNIG & LIEBICH, 2002). Das Organ wird von einer bindegewebigen Kapsel umgeben, von der Bindegewebestrahlen in das Innere ziehen (SINOWATZ, 2000). Das führt dazu, dass die Schilddrüse in unregelmäßige Lobuli aufgeteilt wird. Sie enthalten Schilddrüsenfollikel, parafollikuläre Zellen, Nervenfasern, Blut- und Lymphgefäße (SINOWATZ, 2000).

Die Gefäßversorgung der Schilddrüse erfolgt durch die *A. carotis communis*, aus der die *A. thyreoidea cranialis* und die *A. thyreoidea caudalis* entspringen. Innervert wird die Schilddrüse vegetativ durch sympathische Fasern vom *Ganglion cervicale craniale* und parasymphisch vom *N. laryngeus cranialis* und vom *N. laryngeus caudalis*, beides Äste des *N. vagus* (KÖNIG & LIEBICH, 2002).

Bei Rindern stellt sich die Schilddrüse als unregelmäßiger drei- oder viereckiger paariger Seitenlappen dar. Die beiden Lobi sind durch einen circa 1 cm breiten Isthmus auf Höhe der zweiten Trachealspange ventral miteinander verbunden (KÖNIG & LIEBICH, 2002). Beide Seitenlappen schieben sich rostral über den *M. cricopharyngeus* und den *M. cricothyreoideus* hinweg (NICKEL et al., 1992). Das Organ hat beim adulten Rind eine hellrote, beim Kalb allerdings eine graubraune bis dunkelrote Farbe (NICKEL et al., 1992). Gewicht und Größe variieren sehr stark, abhängig von Alter, Geschlecht, Rasse, Klimabedingungen und Jahreszeit (NICKEL et al., 1992). Als Gewichtshöchstgrenze zur Ermittlung der illegalen Anwendung von Thyreostatika ist ein Wert von 40 g bei Schlachtkälbern anzusetzen (STÖBER, 2006).

## 1.2 Physiologie der Schilddrüse

Die endokrine Steuerung der Schilddrüse erfolgt durch das Hypothalamus-Hypophysensystem. Diese Funktionsachse führt dazu, dass TRH (*Thyreotropin-Releasing-Hormon*) die Synthese und Freisetzung von TSH (*thyreoideastimulierendes Hormon*) beeinflusst und so als nächster Schritt die Schilddrüsenhormone synthetisiert werden können (VOIGT, 2003). Die Biosyn-

these der Schilddrüsenhormone besteht aus mehreren Schritten, für die als essentieller Bestandteil Jod zur Verfügung stehen muss (MEINECKE, 2000). Die funktionelle Einheit der Schilddrüse bildet der Schilddrüsenfollikel, der aus einer einzelligen Reihe von Thyreozyten besteht, die um das sogenannte Kolloid angeordnet sind (VOIGT, 2003). Das Kolloid stellt die Speicherform der von der Schilddrüse gebildeten Hormone dar (VOIGT, 2003). Zwischen den Follikeln liegen C-Zellen, die Calcitonin produzieren. Die Synthese von Calcitonin geschieht unabhängig von der Hypothalamus-Hypophysenachse und wird durch den Plasmakalziumspiegel reguliert (VOIGT, 2003).

### 1.3 Schilddrüsenhormone

Aus dem Prohormon Thyreoglobulin entstehen die Schilddrüsenhormone Thyroxin ( $T_4$ ) und Trijodthyronin ( $T_3$ ), die in die Blutbahn abgegeben werden und dort an Plasmaproteine gebunden sind (PENZLIN, 2005). Die unterschiedliche Aktivität der Schilddrüsenhormone im Blut ergibt sich aus der unterschiedlich hohen Bindungsaffinität an die Plasmaproteine.  $T_4$  besitzt eine höhere Affinität zu den Trägerproteinen als  $T_3$ , was die längere Halbwertszeit von  $T_4$  im Blut erklärt (MEINECKE, 2000) und somit  $T_4$  zu einer Art Speicherform der Schilddrüsenhormone macht (VOIGT, 2003). In die Zielzelle können allerdings nur ungebundene Hormone eindringen und ihre Wirkung entfalten. Durch Dejodierung von  $T_4$  entstehen in den peripheren Zellen je nach Stoffwechsellage  $T_3$  und das biologisch nicht wirksame  $rT_3$  (*reverses  $T_3$* ) (MEINECKE, 2000). Vor allem bei schweren Krankheitszuständen entsteht vermehrt  $rT_3$  (VOIGT, 2003).

Die Wirkung der Schilddrüsenhormone ist vielseitig: Sie haben metabolische Wirkungen, Einfluss auf Wachstum und Entwicklung, sowie auf den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel und zeigen Interaktion mit Catecholaminen (VOIGT, 2003).

Schilddrüsenhormone führen zur Erhöhung des Grundumsatzes, was sich in einer Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs und der Körpertemperatur zeigt. Der Kohlenhydratmetabolismus wird gesteigert durch erhöhte Kohlenhydratresorption im Darm, Stimulierung der Glykogenolyse und Glukoneogenese in der Leber und Glukoseoxidation in Leber, Fettgewebe und Muskulatur; es wird auch die

Lipolyse unterstützt. Wachstum und Entwicklung im reifenden Organismus werden durch die Schilddrüsenhormone zusammen mit den Wachstumshormonen beeinflusst. Außerdem besitzen die Schilddrüsenhormone eine sympathomimetische Wirkung. So erhöhen sie die Anzahl an  $\beta$  - Rezeptoren und reduzieren die Zahl an  $\alpha$  - Rezeptoren an Herz, Muskulatur, Fettgewebe und Lymphozyten. Dies erklärt die mit einer Hyperthyreose einhergehende Tachyarrhythmie (VOIGT, 2003).

### Schilddrüsenhormone beim Kalb

In der Literatur können verschiedene Werte für die Schilddrüsenhormonkonzentrationen im Serum von Kälbern gefunden werden. In Tabelle 10 im Anhang sind die altersabhängigen  $T_4$ -Konzentrationen von Kälbern zusammengefasst.

PAULÍKOVÁ et al. (2010) wollen in ihrer Studie für Wiederkäuer und kleine Wiederkäuer die Serumblutkonzentrationen von TSH,  $T_4$  und  $T_3$  bei verschiedenen Altersgruppen herausfinden. Zur Bestimmung der  $T_4$ -Konzentration wird das Blutserum von 63 Kälbern untersucht, wobei die Probanden als gesund und ohne Fehlfunktion der Schilddrüse eingestuft werden. Die Autoren klären allerdings nicht auf, in welche Altersklassen sie die untersuchten Tiere unterteilen und anhand welcher Kriterien die Tiere als gesund und ohne Fehlfunktion der Schilddrüse eingestuft werden.

GRÜNBERG et al. (1998) beschreiben in ihrer Studie die Schilddrüsenhormone von Saugkälbern der Rassen Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian. Dabei wird in der Untersuchung die Auswirkung des Geburtsverlaufes auf die  $T_4$ ,  $T_3$ ,  $fT_4$  (*freies  $T_4$* ) und  $fT_3$  (*freies  $T_3$* )-Konzentration und die Entwicklung der beschriebenen Parametern während der ersten drei Lebensmonaten verfolgt (GRÜNBERG et al., 1998). Die Autoren stellen fest, dass die Konzentrationen der Schilddrüsenhormone unmittelbar nach der Geburt bei den Kälbern höher liegen als die maternalen Konzentrationen von Schilddrüsenhormonen. Außerdem steigen die Konzentrationen von  $T_3$  und  $T_4$  während der ersten 24 Stunden post natum an, und gegen Ende des dreimonatigen Beobachtungszeitraumes nähern sich die Werte der Kälber den Werten der adulten Tiere an (GRÜNBERG et al., 1998). Die Autoren weisen ausdrücklich auf einen individuellen Hormonanstieg bei Kälbern hin.

BERRY (2005) untersucht in ihrer Studie verschiedenste Blutparameter von Jung-rindern. Die Autorin betrachtet dabei unter anderem auch die  $T_4$ -Konzentrationen von Tieren der Rasse Deutsch-Holstein und Deutsch-Braunvieh.

DAVICCO et al. (1982) zeigen den Verlauf der  $T_3$  und  $T_4$ -Konzentration von der Geburt bis zu einem Alter von 30 Tagen bei Kälbern der Rassen Salers, Charolais und Holstein-Friesian auf.

GROPPEL & KÖRBER (1985) geben  $T_4$ -Konzentrationen von Kälbern in einer Altersspanne von drei bis vier Wochen, acht bis zehn Wochen und für Tiere im Alter von 6 Monaten an, wobei die Rasse der untersuchten Tiere nicht genannt wird.

#### **1.4 Einflüsse auf die Blutspiegel der Schilddrüsenhormone**

In der vorliegenden Literatur werden verschiedene Faktoren geschildert, die einen möglichen Einfluss auf die Schilddrüsenhormonkonzentration haben können. Es wird immer wieder von einer erheblichen individuellen Variation der Schilddrüsenhormonkonzentration von Kälbern berichtet (STEINHARDT et al., 1995; STEINHARDT et al., 1996). Selbst zwischen Geschwistern aus Zwillingsgeburten variieren die Schilddrüsenhormonkonzentrationen beträchtlich (STEINHARDT & THIELSCHER, 2009).

##### **Alter**

BERRY (2005) belegt in ihrer Arbeit einen signifikanten Einfluss der Altersklasse auf die  $T_4$ -Konzentration. Die Autorin gibt an, dass die  $T_4$ -Konzentrationen bei den untersuchten Rassen bis zu einem Alter von 5-8 Monaten abnehmen, dann bis zu einem Alter von 16 Monaten erneut ansteigen, um dann ab einem Alter von 17 Monaten wieder zu sinken.

Unmittelbar nach der Geburt sind die Schilddrüsenhormonkonzentrationen von  $T_3$  und  $T_4$  circa doppelt so hoch wie die Schilddrüsenhormonkonzentration der Muttertiere (STEINHARDT et al., 1995). 24 Stunden post natum ist ein Anstieg der Schilddrüsenhormonkonzentrationen festzustellen (STEINHARDT et al., 1995).

Außerdem weisen STEINHARDT et al. (1995) darauf hin, dass bei neugeborenen Kälbern eine große Variation der Konzentration der Schilddrüsenhormone festzustellen ist, die anscheinend Ausdruck des unterschiedlichen Funktionsstatus der Schilddrüse sein kann, wobei ein Teil der Varianz durch Tageszeit, Geschlecht und maternale Effekte erklärt werden könnte (STEINHARDT et al., 1995).

TAKAHASHI et al. (2001) zeigen in ihrer Untersuchung die Veränderung der  $T_3$  und  $T_4$ -Serumkonzentrationen von gesunden Holstein Friesian Kälbern nach der Geburt bis zum Alter von 2 Monaten. Die Autoren verzeichnen nach einem Anstieg der  $T_4$ -Konzentration an Tag 1 post natum eine Abnahme der  $T_4$ -Serumkonzentration im Untersuchungszeitraum. Die  $T_4$ -Konzentration von Kälbern mit Struma ist niedriger als die  $T_4$ -Konzentration von gesunden Kälbern, allerdings werden bei Kälbern mit Struma ähnliche Serumkonzentrationen wie bei adulten Kühen erreicht (TAKAHASHI et al., 2001).

DAVICCO et al. (1982) zeigen bei Holstein-Friesian-Kälber einen Anstieg der  $T_3$  und  $T_4$ -Konzentrationen nach der Geburt bis sechs Stunden post natum. Danach fällt die Serumkonzentration der Schilddrüsenhormone bis zum siebten Tag post natum und bleibt schließlich bis zum Tag 30 nach der Geburt stabil (DAVICCO et al., 1982). Diese Beobachtung an Holstein-Friesian-Kälbern von DAVICCO et al. (1982) stimmt mit ihren Beobachtungen an Salers-Kälber überein. Im Gegensatz dazu zeigen Charolais-Kälber keinen Anstieg von  $T_3$  und  $T_4$  nach der Geburt bis zu zwölf Stunden post natum. Bis zum zehnten Tag nach der Geburt fallen die  $T_4$ -Konzentrationen ab und bleiben bis zum Tag 30 stabil (DAVICCO et al., 1982).

### **Geschlecht**

STEINHARDT et al. (1996) registrieren in ihrer Studie jeweils höhere  $T_4$ -Konzentrationen bei weiblichen Kälbern als bei männlichen Tieren. Es werden keine Angaben über die Gründe der geschlechterspezifischen Unterschiede genannt (STEINHARDT et al., 1995; STEINHARDT et al., 1996). Als mögliche Ursache wird lediglich das größere Schilddrüsengewicht von weiblichen Kälbern vermutet (STEINHARDT et al., 1992).

### **Körpermasse**

DAVICCO et al. (1982) zeigen in ihrer Studie eine positive Korrelation der  $T_4$ -Konzentration zum Geburtszeitraum und dem Geburtsgewicht bei Charolais-Kälbern und Salers-Kälbern, während sie bei den Holstein-Friesian-Kälbern keine signifikante Beziehung zwischen dem Geburtsgewicht und der  $T_4$ -Konzentration feststellen können. Auch STEINHARDT & THIELSCHER (2005) können keine sichere Korrelation zwischen der Körpermasse der Kälber und den untersuchten Schilddrüsenhormonkonzentration beobachten.

### **Rasse**

BERRY (2005) untersucht in ihrer Studie Tiere der Rasse Deutsch-Braunvieh und Deutsch-Holstein, wobei sie einen signifikanten Einfluss der Rasse auf die  $T_4$ -Konzentration nachweist. Die  $T_4$ -Konzentration bei den Tieren der Rasse Deutsch-Holstein ist regelmäßig höher als bei den Kälbern der Rasse Deutsch-Braunvieh (BERRY, 2005). Ebenso stellen DAVICCO et al. (1982) fest, dass sich der Verlauf der Serumkonzentration von Schilddrüsenhormonen nach der Geburt je nach Rasse unterschiedlich verhält. Salers-Kälber zeigen im Durchschnitt über den gesamten Beobachtungszeitraum höhere  $T_4$ -Konzentrationen als die Charolais-Kälber. Die  $T_4$ -Konzentrationen der Salers-Kälber variieren kaum von denen der Holstein-Friesian-Kälbern (DAVICCO et al., 1982).

### **Tageszeit**

STEINHARDT et al. (1995) konnten in ihrer Studie über Schilddrüsenhormone bei schnittentbundenen Saugkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen belegen, dass bei den Muttertieren in den Morgenstunden niedrigere Konzentrationen von  $T_4$ ,  $fT_4$  und  $T_3$  und höhere Werte von  $fT_3$  vorliegen, wohingegen sich diese Werte bei Kälbern umgekehrt verhalten. Bei Kälbern kommen 24 Stunden und 48 Stunden post natum die höchsten  $T_4$ ,  $fT_4$ ,  $T_3$  und  $fT_3$ -Konzentrationen in den Morgenstunden vor, wobei nicht geklärt wird, warum dies so ist (STEINHARDT et al., 1995).



## Erkrankungen

Bei Hunden ist das sogenannte „Euthyroid Sick Syndrome“ beschrieben. Dieses Syndrom beschreibt die Unterdrückung der Schilddrüsenhormonkonzentration bei euthyreoten Hunden in Folge einer nicht-thyreoidalen Erkrankung (NELSON, 2006). Die Verminderung der Schilddrüsenhormonkonzentration kann verschiedene Ursachen haben. NELSON (2006) beschreibt fünf verschiedene Mechanismen, die zu diesem Krankheitsbild führen können: Zum einen eine Verminderung der TSH-Ausschüttung als Folge der Suppression des Hypothalamus oder der Hypophyse, eine Verringerung der Synthese von  $T_4$ , eine verminderte Konzentration oder Bindungsaffinität des Thyreoglobulins, eine Hemmung der Dejodierung von  $T_4$  zu  $T_3$  oder eine Kombination aus diesen Faktoren. Die daraufhin eintretende Reduktion der  $T_4$ -Konzentration im Blut ist eine Anpassungsreaktion des Körpers und kann nicht als Hinweis auf eine Hypothyreose gewertet werden. Außerdem weist NELSON (2006) darauf hin, dass die Art und Stärke der Schilddrüsenhormonveränderungen nicht für Erkrankungen spezifisch sind, sondern dass diese Veränderungen eher die Schwere der Erkrankung oder den katabolen Zustand des Patienten reflektieren.

KANTROWITZ et al. (2001) beschreiben, dass verschiedene Medikamente und nicht-schilddrüsenbedingte Krankheiten zu niedrigeren  $T_4$ -Konzentrationen bei Hunden führen, wobei diese Tiere als euthyroid gelten. In der Studie zeigen Hunde mit nicht-schilddrüsenbedingten Erkrankungen signifikant niedrigere  $T_4$ -Konzentrationen als klinisch gesunde Hunde: Je schwerer die nicht-schilddrüsenbedingte Grunderkrankung ist, desto niedriger sind die  $T_4$ -Konzentrationen bei diesen Patienten (KANTROWITZ et al., 2001). Außerdem kann keine bestimmte Erkrankung und kein spezielles Organsystem den niedrigen Schilddrüsenhormonkonzentrationen zugeordnet werden (KANTROWITZ et al., 2001).

MC IVER & GORMAN (1997) gehen davon aus, dass eine Erniedrigung der Schilddrüsenhormonkonzentrationen infolge von nicht-schilddrüsenbedingten Erkrankungen durch Zytokine oder andere inflammatorische Mediatoren ausgelöst wird. Diese Mediatoren wirken vermutlich auf der Ebene des Hypothalamus-Hypophysensystems, an der Schilddrüse und am Dejodase-System, sowie an den Bindungsstellen der Plasmaproteine (MC IVER & GORMAN, 1997). Der Grad der Schilddrüsenstörung korreliert mit der Schwere der Grunderkrankung, so dass

niedrige Schilddrüsenhormonkonzentrationen eine schlechte Prognose für die Grunderkrankung darstellen (MC IVER & GORMAN, 1997). MC IVER & GORMAN (1997) stellen für die erniedrigten Schilddrüsenhormonkonzentrationen zwei Hypothesen auf. Zum einen könnte der „hypothyreote“ Status eine physiologische Antwort auf die Erkrankung sein, so dass die metabolische Umsetzung und damit der Energieverbrauch verringert wird, um so der Rekonvaleszenz des Patienten dienlich zu sein. Zum anderen könnte der hypothyreote Status eine Antwort auf die Erkrankung sein, womit die Gewebefunktion beeinträchtigt wird, so dass die Rekonvaleszenz von lebensbedrohlichen Krankheiten unwahrscheinlich wird.

Im Bereich der Rindermedizin wird das „Euthyroid Sick Syndrome“ bisher nicht beschrieben.

## 2 Schilddrüsensonographie

In den vergangenen 20 Jahren hat sich die Schilddrüsenultraschalluntersuchung in der Humanmedizin zu einer herausragenden diagnostischen Methode entwickelt und zunehmend an Bedeutung gewonnen (BISCHOF, 2004). Sie stellt das wichtigste bildgebende Instrument (BRAUN & BLANK, 2006) nach Anamnese und klinischer Untersuchung in der Schilddrüsendiagnostik dar (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994). Die Sonographie ermöglicht eine Beurteilung der Schilddrüsenlappen hinsichtlich des Volumens, erlaubt die Charakterisierung der Parenchymstruktur und lässt diffuse und umschriebene Veränderungen der Schilddrüse erkennen (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994). Allerdings gibt die sonographische Untersuchung keinen Aufschluss über Funktion oder Histopathologie der Schilddrüse (BARRACLOUGH & BARRACLOUGH, 2000). So ist eine Unterscheidung von benignen und malignen Neoplasien mittels Sonographie nicht zuverlässig möglich (BRANDER et al., 1992; BISCHOF, 2004). Eine wichtige Rolle spielt die unter Sonographiekontrolle durchgeführte Feinnadelbiopsie (BARRACLOUGH & BARRACLOUGH, 2000), da durch diese Untersuchungsmethode die Dignität, Zytologie und Histologie des entnommenen Gewebes bestimmt werden kann (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994). Je nach klinischer Fragestellung sollte die Sonographie mit weiteren Untersuchungsmethoden, wie z.B. Szintigraphie zum Funktionsnachweis ergänzt werden (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994).

In der Veterinärmedizin findet die Sonographie der Schilddrüse insbesondere im Bereich der Kleintiermedizin ihre Anwendung. Die ersten Untersuchungen hierzu werden von WISNER et al. (1991) beim Hund und von CARTEE et al. (1993) und WISNER et al. (1994b) bei der Katze durchgeführt.

Die Hauptindikation für die Schilddrüsenultraschalluntersuchung bei Hund und Katze ist die Feststellung von Ursprung, Lokalisation und Abgrenzbarkeit von Umfangsvermehrungen unbekanntem Ursprungs im Halsbereich, die meist infolge von Schilddrüsenkarzinomen entstehen (WISNER & NYLAND, 1998). Auch WISNER et al. (1994a) weisen daraufhin, dass die Sonographiecharakteristika von benignen und malignen Strukturen im Halsbereich ähnlich sein können, so

dass eine Diagnosestellung alleine mittels Sonographie nicht möglich ist. Allerdings führt die Sonographie in Kombination mit der Feinnadelbiopsie zu einer definitiven Diagnose (WISNER et al., 1994a).

Eine weitere Indikation für die Schilddrüsenultraschalluntersuchung ist die Untersuchung der Schilddrüse bei hyperthyreoten Katzen, um bilaterale von unilateralen Veränderungen zu unterscheiden, da sich die angestrebte Therapie bei bi- oder unilateralen Veränderungen unterscheidet (WISNER & NYLAND, 1998). Außerdem ist die sonographische Untersuchung der Schilddrüse und die damit verbundene Bestimmung von Größe und Volumen ein wichtiges diagnostisches Mittel, um zwischen hypothyreoten Hunden und solchen mit „Euthyroid Sick Syndrome“ differenzieren zu können (BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005).

BRAUN et al. (1994) untersuchten in ihrer Studie die ventrale Halsregion bei 30 gesunden Braunviehkühen. Dabei beschreiben die Autoren die sonographische Darstellung der Schilddrüse. DORST (2001) untersucht in ihrer Studie die Schilddrüse von 20 Hengsten der Rassen Bayerisches Warmblut, Süddeutsches Kaltblutpferd und Haflinger sonographisch, um Normwerte der physiologischen Größe und Vaskularisation der Schilddrüse zu ermitteln.

## 2.1 Durchführung

Zur Darstellung der Schilddrüse der Kleintiermedizin werden Schallköpfe im Bereich von 10 bis 5 MHz verwendet, da durch die Erhöhung der Frequenz die räumliche Auflösung verbessert wird und somit kleine und feine anatomische Strukturen wahrgenommen werden können (WISNER & NYLAND, 1998). Es handelt sich dabei um lineare Schallköpfe, da durch deren rechteckiges Bild das Nahfeld besser dargestellt werden kann und oberflächliche Strukturen klarer abgegrenzt werden können (WISNER & NYLAND, 1998). Außerdem ist es möglich, eine Vorlaufstrecke bei der Untersuchung oberflächlicher Strukturen zu verwenden (WISNER et al., 1991; RESCHKE & LEHNERT, 2001). Eine Vorlaufstrecke dient dazu, oberflächliche Gewebe in die Nähe des Fokusses zu rücken (REIMERS & KELLNER, 2004), so dass deutliche Bilder erhalten werden können.

nen. BRAUN et al. (1994) verwenden in ihrer Studie einen 3,5-5 MHz Linear-schallkopf und einen 3,5 MHz Konvexschallkopf, während DORST (2001) in ihrer Studie ein Sonographiegerät mit einem 5 MHz, einem 7 MHz Linearschallkopf und einem 3,5 MHz Konvexschallkopf zur Verfügung hat.

Die Kleintiere werden entweder in Rückenlage mit gestrecktem Hals (WISNER et al., 1991) oder sitzend untersucht (REESE et al., 2005). Wichtig dabei ist, dass die Tiere gerade positioniert sind und keine Beugung des Halses stattfindet, da durch eine Beugung oder Drehung die anatomischen Gegebenheiten des Halses verändert werden und somit keine standardisierte Untersuchung durchgeführt werden kann (WISNER & NYLAND, 1998). In den meisten Fällen ist keine Narkose zur Untersuchung erforderlich (WISNER & NYLAND, 1998; BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005; BRÖMEL et al., 2006), sie kann jedoch eingeleitet werden (WISNER et al., 1991). Zur besseren Ankopplung des Schallkopfes sollen die Haare geschoren und Ultraschallgel aufgetragen werden (BRAUN et al., 1994; WISNER & NYLAND, 1998; DORST, 2001).

Die Schilddrüsenlappen werden im Längsschnitt und im Transversalschnitt dargestellt (WISNER et al., 1991; BRAUN et al., 1994; WISNER & NYLAND, 1998; DORST, 2001; BRÖMEL et al., 2005, 2006).

Um die Schilddrüse in der Längsachse darzustellen, soll der Schallkopf längs der Jugularrinne direkt kaudal des Ringknorpels (*Cartilago cricoidea*) vom Larynx in Position gebracht werden (BRAUN et al., 1994; WISNER & NYLAND, 1998; DORST, 2001). Die Bildebene muss in der Mitte zwischen Parasagittalebene und Dorsalebene liegen (WISNER et al., 1991). Der Schallkopf darf nur mit wenig Druck aufgesetzt werden, da sonst die anatomischen Strukturen verschoben werden und somit keine korrekte Lokalisierung der Schilddrüse stattfinden kann (WISNER & NYLAND, 1998). In dieser Bildebene soll die gleichseitige *A. carotis communis* als dickes, lineares, anechogenes Band erscheinen (WISNER & NYLAND, 1998), das als Orientierungspunkt zum Auffinden der Schilddrüse dient (WISNER et al., 1991). In dieser Position wird der Schallkopf im Winkel von 5-10° medial und ventral geschwenkt (WISNER & NYLAND, 1998), so dass der gleichseitige Schilddrüsenlappen medial von der *A. carotis communis* erscheint (WISNER et al., 1991).

Zur Darstellung der Querachse der Schilddrüse wird der Schallkopf auf der Jugu-

larrinne quer zur Längsachse des Halses gesetzt (BRAUN et al., 1994; WISNER & NYLAND, 1998; DORST, 2001), das heißt um 90° gedreht zur Längsachsendarstellung (WISNER et al., 1994b).

Als Orientierungspunkte während der sonographischen Untersuchung zum Auffinden der Schilddrüsenlappen dienen lateral die *Aa. carotis communes*, medial die Trachea, ventral die Sternothyroidmuskeln (TAEYMANS et al., 2007a) und kranial der Larynx (BRÖMEL et al., 2005, 2006). Ein zusätzlicher Orientierungspunkt für den linken Schilddrüsenlappen ist der dorsal lokalisierte Oesophagus (TAEYMANS et al., 2007a).

In der Humanmedizin sind Nebenschilddrüsen ohne pathologischen Befund sonographisch nicht darstellbar (BRAUN & BLANK, 2006; DIETRICH & SCHNEIDER, 2006). Weder beim Hund (WISNER et al., 1991; WISNER & NYLAND, 1998) noch bei der Katze (CARTEE et al., 1993) sind Nebenschilddrüsen normaler Größe darstellbar. Allerdings beschreiben WISNER & NYLAND (1998) die sonographische Darstellung von vergrößerten Nebenschilddrüsen beim Hund.

## 2.2 Sonographisches Erscheinungsbild

Das Erscheinungsbild der Schilddrüse in der Längsachsendarstellung ist homogen und gut abgegrenzt (WISNER et al., 1991). Sie zeigt sich als spindelförmige Struktur (WISNER et al., 1991; BRAUN et al., 1994) mit einem runden kranialen Ende und einem spitzen kaudalen Ende (DORST, 2001; TAEYMANS et al., 2007b). Die Echogenität der Schilddrüse wird im Vergleich mit der sie umgebenden Muskulatur festgelegt (BRÖMEL et al., 2005, 2006). Die Echogenität der Schilddrüse ist laut BRAUN et al. (1994) intensiver als die Echogenität der angrenzenden Larynxmuskulatur. Das Parenchym der Schilddrüse ist von einer dünnen, echogenen Faszie umgeben (BRAUN et al., 1994; WISNER & NYLAND, 1998; DORST, 2001).

In der Transversalebene erscheint die Schilddrüse als dreieckige Struktur, die medial von der Trachea und lateral von der *A. carotis communis* begrenzt wird (WISNER & NYLAND, 1998). Auch in dieser Bildebene zeigt sich die Schild-

drüse als homogenes, mäßig echogenes Gebilde (WISNER & NYLAND, 1998). BRAUN et al. (1994) können in der Transversalebene den Isthmus der Schilddrüsen, der als schmales Band über die Trachea zieht, erkennen. Auch DORST (2001) kann am kaudalen Pol des Schilddrüsenlappens den beginnenden Isthmus darstellen.

### 2.3 Abmessungen

Zur Bestimmung der Organgröße wird die Länge (kranio-kaudale Ausdehnung), die Breite (latero-laterale Ausdehnung) und die Dicke/Tiefe (ventro-dorsale Ausdehnung) der Drüse bestimmt, wobei weniger die gemessenen Einzelwerte von Bedeutung sind, als das daraus ermittelte Volumen (SCHMIDT, 2008).

Die Länge der Schilddrüse wird in der Longitudinalebene an jenem Punkt vermessen, an dem sie ihre maximale Ausdehnung erreicht (DORST, 2001; BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005; BRÖMEL et al., 2006). In der Transversalebene werden die Höhe und die Breite der Schilddrüsenlappen an der größten Querschnittsfläche der Drüse gemessen (REESE et al., 2005), so dass Breite und Höhe senkrecht aufeinander stehen (DORST, 2001; BRÖMEL et al., 2005, 2006).

In der Humanmedizin wird häufig das sogenannte Panoramabild-Verfahren zur Vermessung der Schilddrüse eingesetzt, da so die Übersichtlichkeit erhöht wird (DIETRICH & SCHNEIDER, 2006). Beim Panoramabild-Verfahren wird ein Curved-Array-Schallkopf verwendet und in einer Ebene über die Körperoberfläche geführt. Der Vorteil liegt darin, dass diese Bilder eine größere Perspektive erlauben und damit können Strukturen, welche die Bilddimension eines herkömmlichen Sonographieschallkopfes überschreiten, als Gesamtbild dargestellt werden (RADELEFF et al., 2006).

Die Berechnung des Schilddrüsenvolumens erfolgt durch die Ellipsoidmethode nach HULSE et al. (1972). Dabei wird die maximale Ausdehnung der Schilddrüse in ihrer kranio-kaudalen, latero-lateralen und ventro-dorsalen Dimension mittels Sonographie gemessen. Die gewonnenen Werte werden in die geometrische Formel des Ellipsoids eingesetzt und für jeden Schilddrüsenlappen einzeln berechnet.

$$V \text{ [ml]} = \pi/6 (\text{Länge [cm]} \times \text{Breite [cm]} \times \text{Dicke [cm]}) \quad \text{Formel (1)}$$

Die Volumenbestimmung der Schilddrüse mittels Ellipsoidformel wird standardmäßig angewendet (BRUNN et al., 1981; CHANOINE et al., 1991; WISNER et al., 1994b; BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005; BRÖMEL et al., 2006; TAEYMANS et al., 2007a), wobei das Gesamtvolumen der Schilddrüse durch die Addition der beiden Einzelvolumina der Seitenlappen erfolgt (BRUNN et al., 1981; CHANOINE et al., 1991; WISNER et al., 1994b; BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005; BRÖMEL et al., 2006; TAEYMANS et al., 2007a).

Das Volumen des Isthmus wird in die Berechnung des Gesamtvolumens nicht mit einbezogen (BRUNN et al., 1981; CHANOINE et al., 1991; WEIGOLD & BANHOLZER, 1994; GÓMEZ et al., 2000; SCHMIDT, 2002; LUTZ, 2007). RESCHKE & LEHNERT (2001) meinen, dass sich das Gesamtvolumen aus der Summe der beiden Lappenvolumina ergibt und erst ein vergrößerter Isthmus bei der Befunderhebung erwähnt werden soll. Auch DIETRICH & SCHNEIDER (2006) gehen davon aus, dass bei der Berechnung des Schilddrüsenvolumens dieses leicht überschätzt wird und somit ein nicht vergrößerter Isthmus bei der Volumenberechnung vernachlässigt werden kann, während SZEBENI & BELEZANY (1992) vorschlagen, dass der Isthmus in die Berechnung des Gesamtvolumens mit einbezogen werden soll. Als Schätzwert für das Volumen des Isthmus werden von SZEBENI & BELEZANY (1992) 5% der Lappenvolumina veranschlagt, falls der Isthmus nicht abgemessen werden kann.

Die Sonographie ist die Methode der Wahl zur Volumenbestimmung, welche über die Ellipsoidformel erfolgt (BRUNN et al., 1981)

Um das wahre Volumen der Schilddrüse möglichst genau zu berechnen, haben verschiedene Autoren empirische Faktoren bestimmt. Durch Multiplikation mit den sonographisch ermittelten Dimensionen der Schilddrüse mit den erhobenen Faktoren soll das Schilddrüsenvolumen noch genauer berechnet werden können. So haben BRUNN et al. (1981) für die Humanmedizin den Faktor  $f = 0,479 \pm 0,105$  errechnet.

Andere humanmedizinische Autoren (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994; RESCHKE & LEHNERT, 2001; SCHMIDT, 2002; BRAUN & BLANK, 2006; DIETRICH & SCHNEIDER, 2006; LUTZ, 2007; SCHMIDT, 2008) setzen an-



statt des Faktors  $\pi/6$  den Faktor 0,5 in die Ellipsoidformel ein, da die Autoren diesen Faktor als hinreichend genau für die Volumenbestimmung halten.

In der Veterinärmedizin haben KURZKE (2001) für die Katze und SCHMIDT (1998) für den Hund jeweils einen Korrekturfaktor zur Berechnung des Schilddrüsenvolumens bestimmt.

Durch die zunehmende Verbreitung des 3-D-Sonographie wird auch diese Methode Einzug in die humane Schilddrüsendiagnostik halten (LYSHCHIK et al., 2004; NG et al., 2004; YING et al., 2005), so dass in Zukunft möglicherweise die mit 2-D-Sonographie durchgeführte Ellipsoidmethode zur Volumenbestimmung durch die genauere und besser reproduzierbare 3-D-Abmessung (LYSHCHIK et al., 2004; NG et al., 2004; YING et al., 2005) abgelöst werden wird.

### III MATERIAL UND METHODEN

#### 1 Patientengut

Für die sonographische Beurteilung der Schilddrüse wurden an der Klinik für Wiederkäuer der Ludwigs-Maximilians-Universität München im Zeitraum von Januar bis November 2010 insgesamt 103 Kälber untersucht.

Von den 103 Tieren konnten 83 Kälber in die Auswertung einbezogen werden. Dabei handelte es sich um 43 euthanasierte und um 40 lebende Probanden („geheilt“ hinsichtlich des Einlieferungsgrundes).

20 untersuchte Tiere konnten aus verschiedenen Gründen nicht in die Auswertung aufgenommen werden. Ausgeschlossen wurden zum einen kachektische Kälber ( $n = 11$ ), da in diesen Fällen die Ankopplung des Sonographieschallkopfes sehr schlecht möglich war und die damit erhaltenen Bilder für eine Auswertung nicht geeignet waren. Zum anderen war bei besonders unruhigen Tieren die Fixation sehr schwierig, so dass aus diesem Grund keine zur Beurteilung erforderliche Bildqualität erreicht wurde ( $n = 9$ ).

Die toten Kälber wurden kurz nach der Euthanasie und die lebenden Probanden am Tag der Entlassung untersucht.

Am Tag der Untersuchung wurden sowohl von lebenden als auch von euthanasierten Probanden folgende Parameter erfasst:

- die Körpermasse [kg],
- das Alter [Tage],
- das Geschlecht,
- die Rasse,
- der Krankheitsstatus (Diagnosen) und
- der T<sub>4</sub> Status [Serum].

### **1.1 Rasse**

Es wurden vorwiegend - wie für den süddeutschen Raum üblich - Fleckvieh-Kälber untersucht. Die Zahl der Fleckvieh-Kälber betrug 72 und die Zahl der Schwarzbunten-Kälber belief sich auf fünf. Weiterhin vertreten waren die Rassen Braunvieh (ein Kalb), Angus (ein Kalb), Rotbunt (ein Kalb) und drei Kreuzungskälber.

### **1.2 Alter**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der sonographischen Darstellung der Schilddrüse bei Kälbern. Das mediane Alter der Kälber lag bei 17 Tagen. Das jüngste Tier war zwei Tage und das älteste Tier war 81 Tage alt. Damit lagen alle Probanden in der von STÖBER (1990) festgelegten Altersgrenze, wonach Kälber als Tiere bis zu einem Alter von drei Monaten definiert sind.

### **1.3 Geschlecht**

Von den 83 Tieren, die in der Auswertung berücksichtigt worden sind, wurden insgesamt 36 weibliche Tiere (17 euthanasierte und 19 lebende) und 47 männliche Tiere (26 euthanasierte und 21 lebende) untersucht. Die weiblichen Tiere hatten eine mittlere Körpermasse von 59,5 kg ( $\pm 23,2$  kg) und die männlichen Probanden wiesen eine Körpermasse von 57,2 kg ( $\pm 16,7$  kg) auf.

### **1.4 Körpermasse**

Die Körpermasse der Kälber wurde mit Hilfe der digitalen Viehwaage „iconix FX 1“ der Firma Texas Trading ermittelt. Die Messgenauigkeit der Waage liegt bei 0,1 kg. Die Körpermasse wurde am Tag der sonographischen Untersuchung bei den toten Probanden im Anschluss an die Euthanasie ermittelt und bei

den lebenden Kälbern vor der sonographischen Untersuchung.

Die mediane Körpermasse der Kälber betrug 49,2 kg. Das leichteste Kalb hatte ein Gewicht von 30,2 kg und das schwerste Kalb wies ein Gewicht von 116,1 kg auf.

## 2 Sonographische Untersuchung

Um die Sonographie durchzuführen, stand das Gerät EUB - 8500 der Firma Hitachi Medical Corporation (Japan) der Klinik für Wiederkäuer zur Verfügung. Das Gerät ist mit einem Linearschallkopf mit einem Frequenzbereich von 6-13 MHz, einem Konvexschallkopf mit einem Frequenzbereich von 5-2 MHz, einer 4-2 MHz-Sektorschallsonde und einer Linearsonde zur rektalen Untersuchung mit 7,5 MHz ausgestattet. Für den vorliegenden Versuch wurde die 6-13 MHz - Linearsonde verwendet.

### 2.1 Durchführung

Die Tiere wurden in der *Regio laryngea* geschoren. Der ca. 10 x 10 cm geschorene Bereich wurde mit Alkohol entfettet und mit handelsüblichem Ultraschallgel versehen. Das Ultraschallgel wurde an der betreffenden Stelle nicht nur aufgetragen, sondern auch einmassiert, um eine bessere Ankopplung des Schallkopfes zu erreichen. Euthanasierte Tiere wurden zur Sonographie in Rückenlage oder in Seitenlage verbracht, lebende Tiere wurden im Stehen untersucht. Dazu wurden die nicht sedierten Tiere mit einem Kopfstrick versehen und in einen Untersuchungsstand geführt, damit der Bewegungsradius der Tiere eingeschränkt wurde (Abbildung 1).

Der Kopf des zu untersuchenden Tieres wurde von einer Hilfsperson so fixiert, dass keine Flexion des Halses möglich war und die *Regio laryngea* zur Durchführung der Sonographie leicht zugänglich war. Mit der sonographischen Untersu-

chung der Schilddrüse wurde immer auf der rechten Körperseite des Tieres begonnen.



**Abbildung 1: Kalb mit angelegtem Kopfstrick im Untersuchungsstand zur sonographischen Untersuchung**

Zur sonographischen Untersuchung eignete sich der Linearschallkopf mit einer Frequenz von 6-13 MHz und einer Eindringtiefe von 35 mm am besten. Die Einstellung der Frequenz zwischen 6,5 und 13 MHz wurde in Abhängigkeit von der Größe und dem Ernährungszustand des Tieres gewählt. Bei den untersuchten Kälbern kam am häufigsten die Frequenz von 6,5 MHz zur Anwendung.

## 2.2 Abmessungsparameter

Für die sonographische Untersuchung wurden zwei Schnittbildebene ausgewählt, um die gesamte Ausdehnung der Schilddrüse zu erfassen.

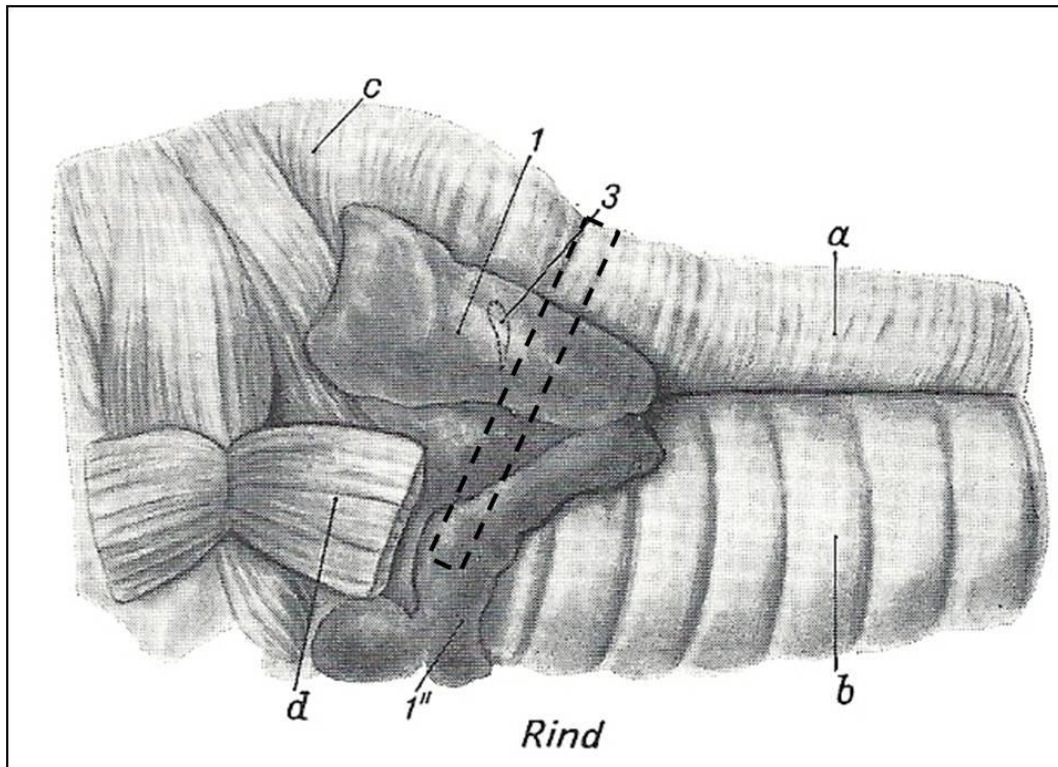
Es wurde der rechte und der linke Schilddrüsenseitenlappen auf jeweils einem separaten Bild aufgenommen und beurteilt.

Folgende Abmessungen der beiden Schilddrüsenlappen wurden erfasst:

- Höhe (ventro-dorsale Ausdehnung)
- Breite (latero-mediale Ausdehnung)
- Länge (kranio-kaudale Ausdehnung)

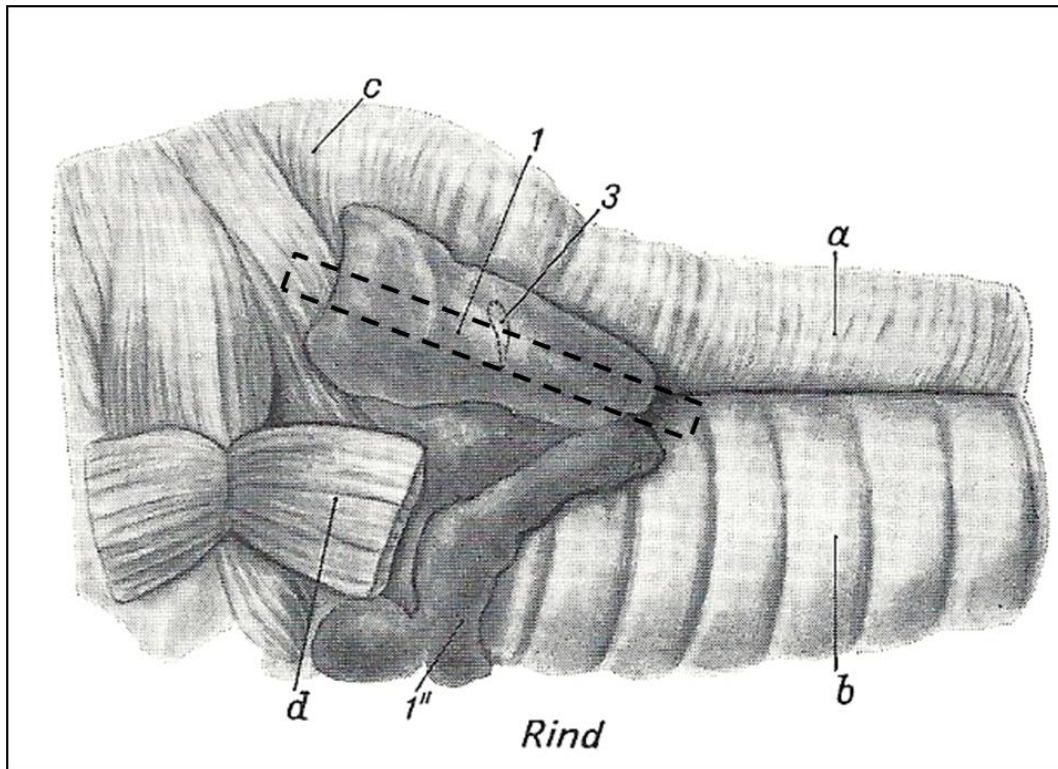
Der Isthmus der Schilddrüse wurde sonographisch nicht in toto dargestellt und damit auch nicht in Berechnungen mit einbezogen.

Die Höhe und die Breite der Schilddrüse wurden im Transversalschnitt erhoben. In Abbildung 2 wird die schematische Darstellung des Transversalschnittes demonstriert.



**Abbildung 2: Schematische Darstellung der Sonographiesondenposition im Transversalschnitt (gestrichelter Kasten) modifiziert nach Nickel et al. (1992): 1: Lobus sinister, 1'': Isthmus der Schilddrüse, 3: inneres Epithelkörperchen, a: Speiseröhre, b: Luftröhre, c: Schlundkopfmuskulatur, d: Stumpf des M. sternothyroideus**

Die Länge der Schilddrüse wurde im Longitudinalschnitt abgemessen. Schematisch wird der Longitudinalschnitt in Abbildung 3 gezeigt.



**Abbildung 3: Schematische Darstellung der Sonographiesondenposition im Longitudinalschnitt (gestrichelter Kasten) modifiziert nach Nickel et al. (1992): 1: Lobus sinister, 1'': Isthmus der Schilddrüse, 3: inneres Epithelkörperchen, a: Speiseröhre, b: Luftröhre, c: Schlundkopfmuskulatur, d: Stumpf des M. sternothyroideus**

In jeder Schnittbildebene wurden jeweils fünf Messungen durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Methodik Sonographie an der Schilddrüse zu überprüfen. Dazu wurde zwischen den Messungen in der jeweiligen Schnittbildebene der Schallkopf von der betreffenden Stelle abgehoben und wieder aufgesetzt, so dass die Schilddrüse erneut aufgefunden und im Sonographiebild dargestellt werden musste.

Abbildung 4 zeigt die schematische Darstellung der Lage des rechten Schilddrüsenseitenlappens mit Isthmus am Kalb.





**Abbildung 4: Schematische Darstellung der Lage des rechten Schilddrüsenlappens mit Isthmus (Kreuze: Verlauf der V. jugularis)**

Alle aufgenommenen Bilder wurden auf dem Sonographiegerät gespeichert und auf eine DVD übertragen. Eine detaillierte Abmessung erfolgte am PC mit dem Programm Hitachi US Image Viewer (Hitachi Medical Corporation). Die erhobenen Werte wurden auf dem Untersuchungsprotokoll (siehe Anhang) vermerkt.

### **2.3 Untersuchung in der Transversalebene**

Zur Untersuchung der Schilddrüse in der Transversalebene wurde der Schallkopf kaudal des Kehlkopfes senkrecht auf der Drosselrinne aufgesetzt und im 45° Winkel sagittal geschwenkt bis im Sonographiebild die Schilddrüse sichtbar wurde. Zur Orientierung bei der Untersuchung diente kranial der Kehlkopf, medial die Trachea und lateral - die beim lebendenden Tier pulsierende - *A. carotis communis*. Auf der linken Halsseite war zusätzlich zu den beschriebenen Merkmalen der Oesophagus im Bild zu erkennen. Die Nebenschilddrüsen



konnten nicht dargestellt werden.

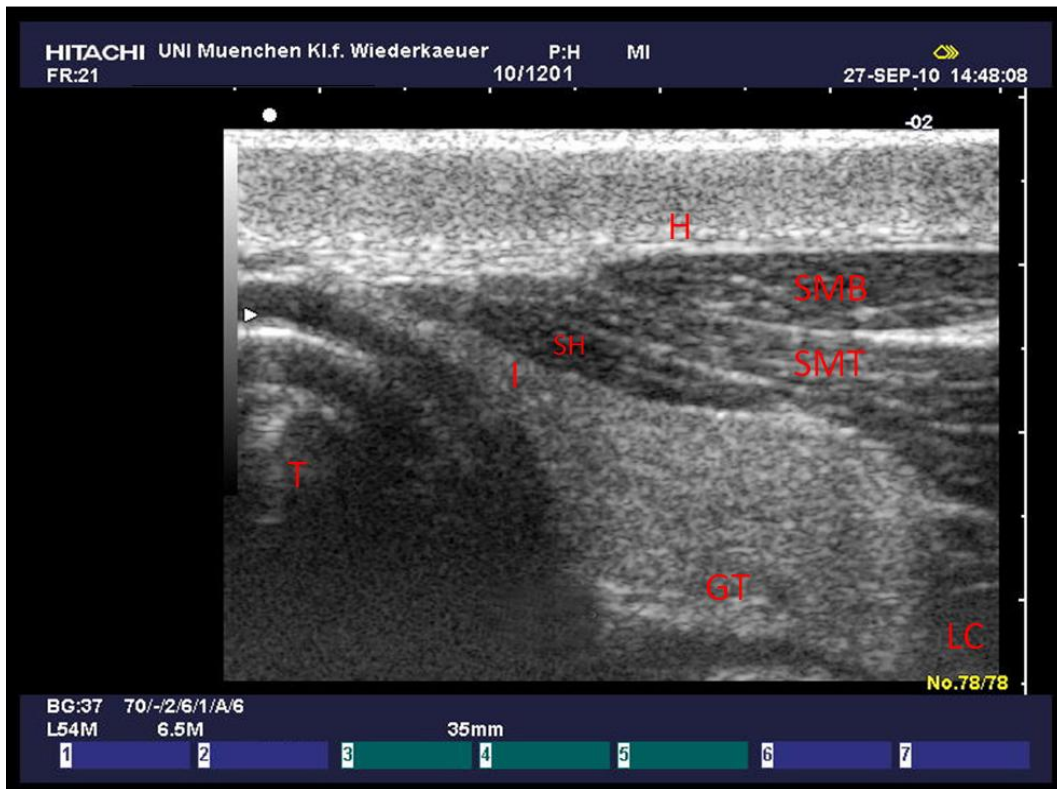
In Abbildung 5 wird die Positionierung des Sonographieschallkopfes im Transversalschnitt demonstriert.



**Abbildung 5: Demonstration des Transversalschnittes am toten Tier**

### **Darstellung der Schilddrüse**

Die Schilddrüse stellt sich im Transversalschnitt als rundliches, uhrendeckelähnliches Gebilde dar, das ventral in den Isthmus übergeht. In der Mitte des Sonographiebildes ist die Trachea mit den typischen Reverbarationsartefakten zu erkennen, von der sich die Schilddrüse schmetterlingsförmig abklappt. Die Beschaffenheit der Schilddrüse kann im Sonographiebild als isoechogen und feinkörnig angesprochen werden. Um die Schilddrüse ist eine feine hyperechogene Linie zuerkennen, die der bindegewebigen Kapsel der Schilddrüse entspricht (Abbildung 6).



**Abbildung 6: Sonographische Darstellung der Schilddrüse im Transversalschnitt: H: Haut, T: Trachea, I: Isthmus, GT: Glandula thyroidea, SH: M. sternothyroideus, SMT: M. sternomastoideus, SMB: M. sternomandibularis, LC: M. longus capitis**

### Messungen

Die Parameter Höhe und Breite der Schilddrüse wurden im Transversalschnitt erhoben. Die Abmessung der Breite und Höhe erfolgte immer dann, wenn die größte Querschnittsfläche und der Isthmus der Schilddrüse auf dem Sonographiebild zu sehen waren. Beide Parameter wurden senkrecht zueinander vermessen.

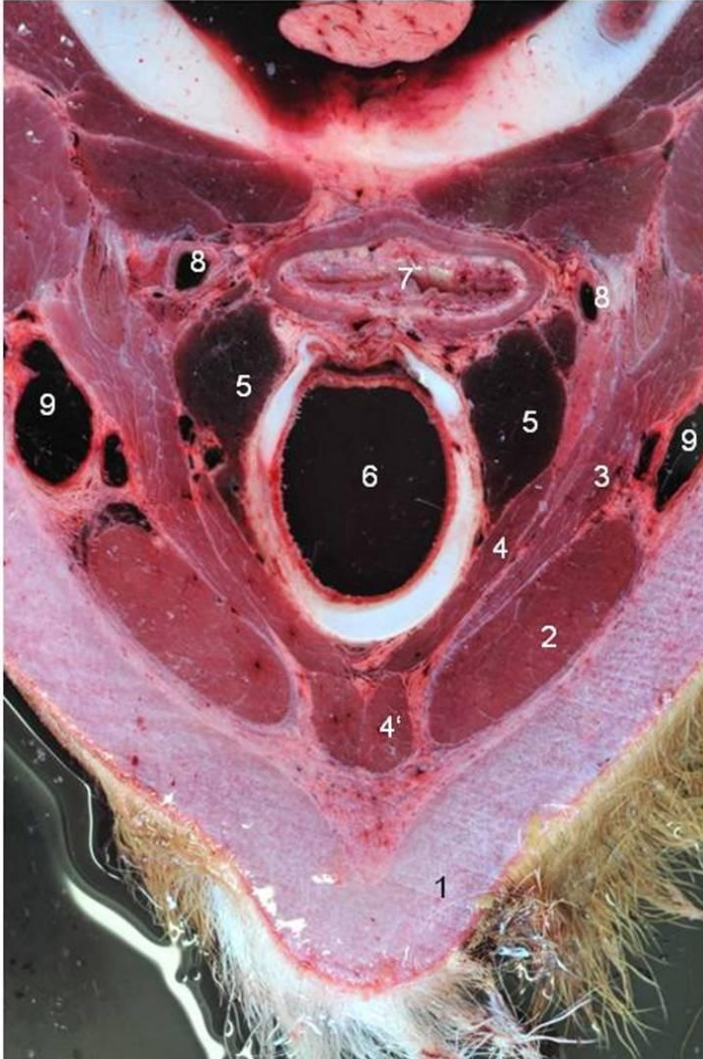
Die Höhe des jeweiligen Schilddrüsenlappens wurde vom dorsalen Drüsenpol bis zum Übergang zum Isthmus als ventro-dorsale Ausdehnung erfasst. Der Abstand zwischen lateraler und medialer Grenze der im Sonographiebild darstellbaren Schilddrüse entsprach der Breite der Drüse. Das Bild zum Abmessen der Parameter wurde dann ausgewählt, wenn der Übergang zum Isthmus und die größte Querschnittsfläche der Schilddrüse zu erkennen waren. In Abbildung 7 wird die Vermessung von Höhe (grüne Linie) und Breite (rote Linie) demonstriert. Es ist zu erkennen, dass sich der Übergang zum Isthmus fließend gestaltet.



**Abbildung 7: Vermessung der Höhe (grüne Linie) und Vermessung der Breite (rote Linie) im Transversalschnitt**

## 2.4 Darstellung der Schilddrüse im anatomischen Gefrierschnitt

Um die Schilddrüse mit ihren umliegenden anatomischen Strukturen darstellen zu können, wurden transversale Gefrierschnitte des Halses eines Kalbes angefertigt (Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Anatomischer Gefrierschnitt in der Transversalebene des Halses eines Kalbes: 1: Haut, 2: M. sternomandibularis, 3: M. sternomastoideus, 4: M. sternothyroideus, 4': M. sternohyoideus, 5: Glandula thyreoidea, 6: Trachea, 7: Oesophagus, 8: A. carotis communis, 9: V. jugularis externa (Gabelungsbereich V. maxillaris, V. lingofacialis)



## 2.5 Untersuchung in der Longitudinalebene

Um die Schilddrüse in der Longitudinalebene darstellen zu können, wurde der Schallkopf kaudal des Kehlkopfes aufgesetzt, parallel zur Drosselrinne positioniert und im 45 ° Winkel sagittal geschwenkt, bis die größte Ausdehnung der Schilddrüse zu erkennen war.

In Abbildung 9 wird die Postierung des Sonographieschallkopfes in der Longitudinalebene gezeigt.

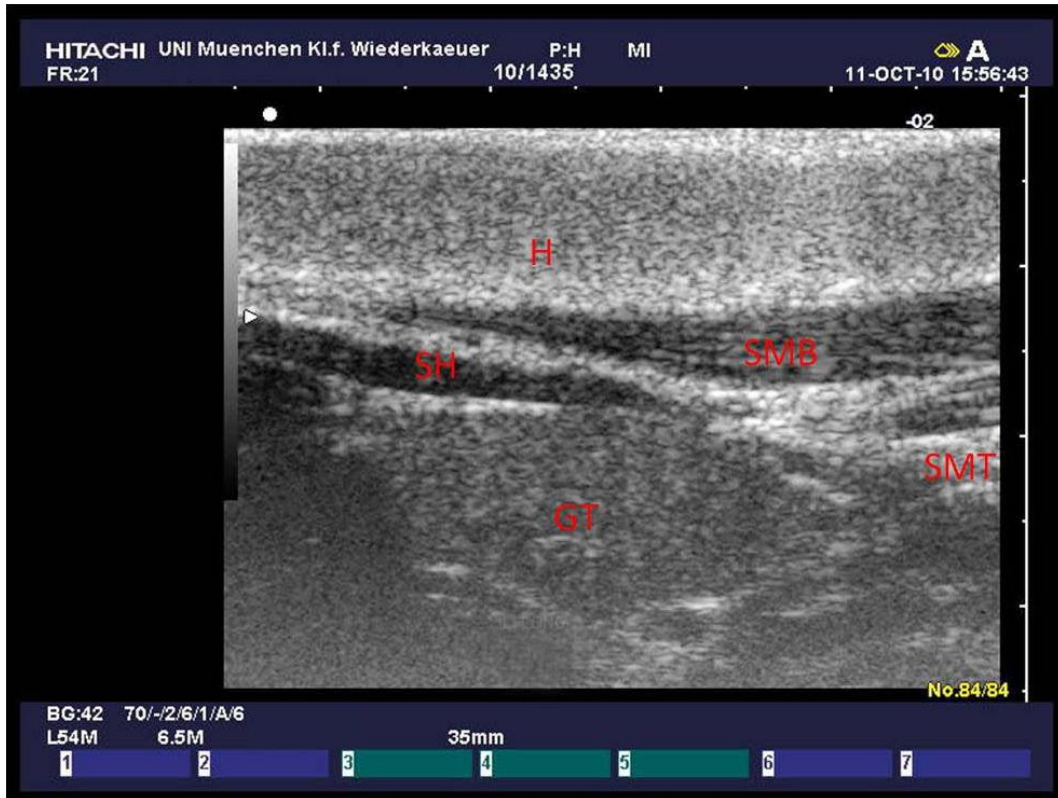


**Abbildung 9: Demonstration des Longitudinalschnittes am toten Tier**

Im Longitudinalschnitt wurde die Schilddrüsenlänge vermessen. Zur Orientierung diente der Kehlkopf kranial und die Trachea medial der Sonographiesonde.

### Darstellung der Schilddrüse

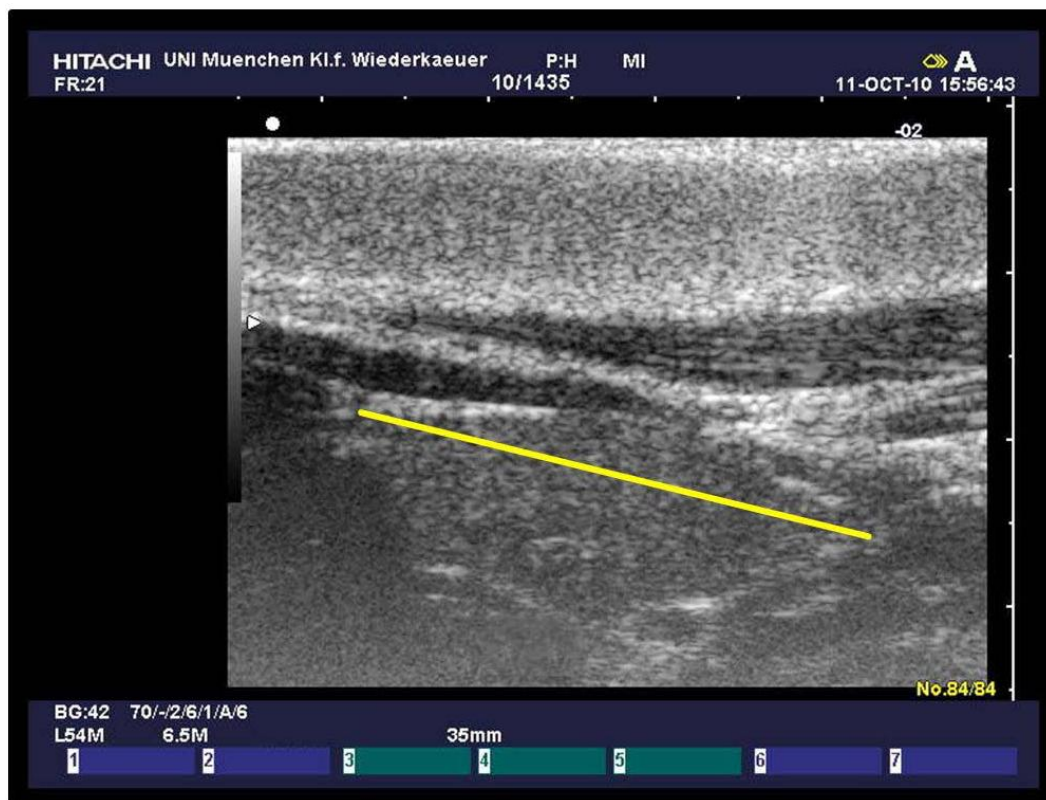
Die Schilddrüse stellt sich als spindelförmiges Gebilde im Longitudinalschnitt dar (Abbildung 10). Wie im Tansversalschnitt ist die Textur der Schilddrüse als isoechogene, feinkörnige Struktur zu beschreiben. Auch die bindegewebige Kapsel der Schilddrüse kann als hyperechogene Linie wahrgenommen werden.



**Abbildung 10: Sonographische Darstellung der Schilddrüse im Longitudinalschnitt: H: Haut, GT: Glandula thyroidea, SMB: M. sternomandibularis, SH: M. sternothyroideus, SMT: M. sternomastoideus**

### Messungen

Die Vermessung der Länge des jeweiligen Schilddrüsenlappen erfolgt an der größten Querschnittsfläche vom kranialen bis zum kaudalen Drüsenpol (Abbildung 11).



**Abbildung 11: Vermessung der Länge im Longitudinalschnitt (gelbe Linie)**

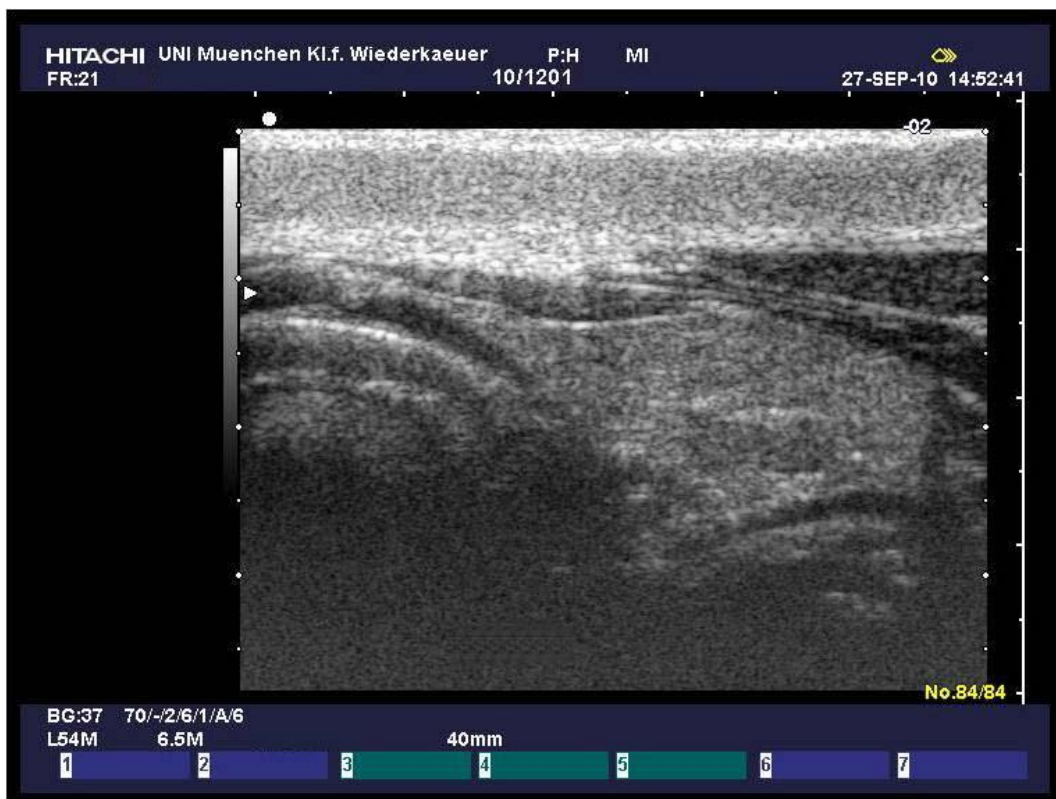
## 2.6 Problematik der sonographischen Messung

Im Laufe der Untersuchungen zeigte sich, dass sich je nach Andruckintensität des Schallkopfes an das Gewebe die Lage und die Form der Schilddrüse verändern konnten.

So konnte im Transversalschnitt beobachtet werden, dass bei geringem Andruck des Schallkopfes im Bereich der Schilddrüse diese wesentlich deutlicher seitlich der Trachea anlag (Abbildung 12).



**Abbildung 12: Schilddrüse in der Transversalebene mit geringen Schallkopfdruck**



**Abbildung 13: Schilddrüse in der Transversalebene mit starken Schallkopfdruck**



Bei erhöhtem Schallkopfandruck zeigte sich eine Verformung der Schilddrüse, die dazu führte, dass sich die Schilddrüse weiter von der Trachea abklappte (Abbildung 13).

Wie in Abbildung 12 und Abbildung 13 zu erkennen ist, veränderte sich nicht nur die Lage der Schilddrüse, sondern auch die umliegenden Strukturen änderten ihre Position. Aufgrund dieser Tatsache wurde versucht, den Schallkopfandruck an das Gewebe zu standardisieren, was sich allerdings vor allem bei kachektischen und nervösen Tieren sehr schwierig gestaltete.

### 3 Untersuchungen an euthanasierten Kälbern

Neben der Sonographie wurde bei euthanasierten Tieren die Schilddrüse präpariert und zu weiteren Vermessungen dem Situs entnommen.

#### 3.1 Präparation der Schilddrüse

Nach der sonographischen Untersuchung der Schilddrüse wurde diese unter Anwendung von Skalpell, Schere, chirurgischer Pinzette und Klemme entnommen.

Dabei wurde die Haut auf Höhe des Kehlkopfes in der Sagittalebene auf einer Länge von 40 cm mit einem Skalpell durchtrennt. Die paarig angelegten Muskeln wurden stumpf freipräpariert. Nachdem die Muskeln in der Nähe des Muskelansatzes sowie die Trachea auf Höhe der ersten Knorpelspanne durchtrennt wurden, konnte der Kehlkopf mit den ersten *Cartilagine tracheales* und der direkt aufliegenden Schilddrüse entfernt werden.

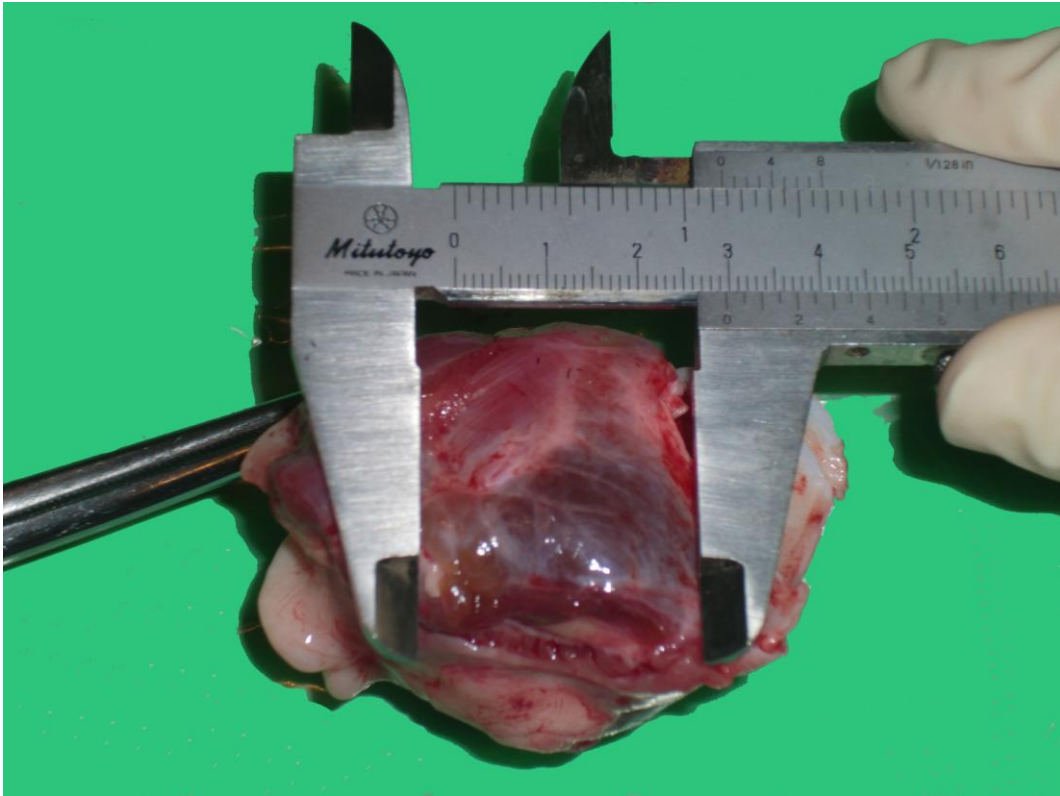
Die Schilddrüse wurde mittels Schere und Pinzette von anliegendem Bindegewebe befreit.

### 3.2 Abmessungen am Exstirpat der Schilddrüse

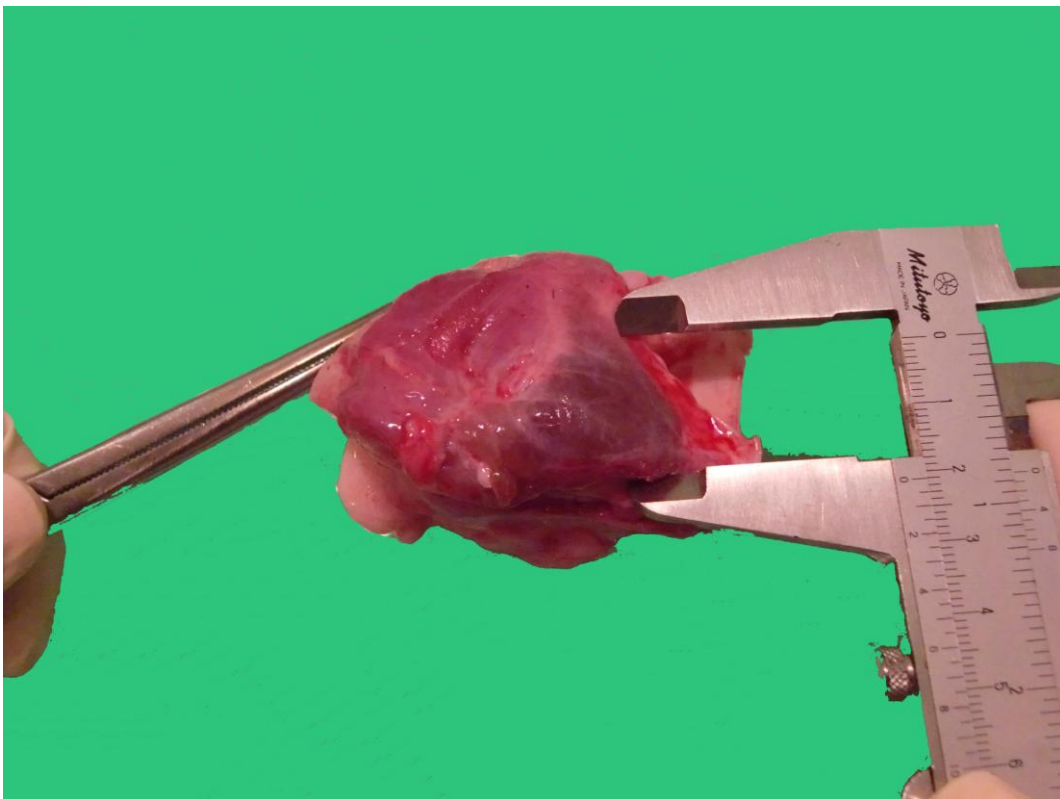
Zur Abmessung von Länge (kranio-kaudale Ausdehnung) und Höhe (ventro-dorsale Ausdehnung) wurde die Schilddrüse am Larynx belassen und lediglich mit einer Schere und einer Pinzette fein freipräpariert. Zur Abmessung der latero-medialen Ausdehnung (Breite) der Drüse wurde diese zunächst lateral vom Larynx freipräpariert und im Anschluss an die Messung in toto vom Larynx abpräpariert. Mit der präparierten Drüse wurde das Volumen des Organs nach der sogenannten Verdrängungsmethode (modifiziert nach (SCHMIDT, 1998; KURZKE, 2001)) ermittelt.

#### **Vermessung von Länge, Breite und Höhe**

Zur Vermessung der Schilddrüse wurde eine handelsübliche Schieblehre der Firma Mitutoyo (Neuss) verwendet. Die Vermessung der Länge und der Höhe erfolgte vor der Abpräparation der Schilddrüse. Dadurch konnten eventuelle Deformationen infolge der Präparation und die damit verbundenen Messungenauigkeiten vermieden werden. Die Vermessung der Länge, der Breite und Höhe am Exstirpat mittels Schieblehre wird in Abbildung 14 bis 16 demonstriert.

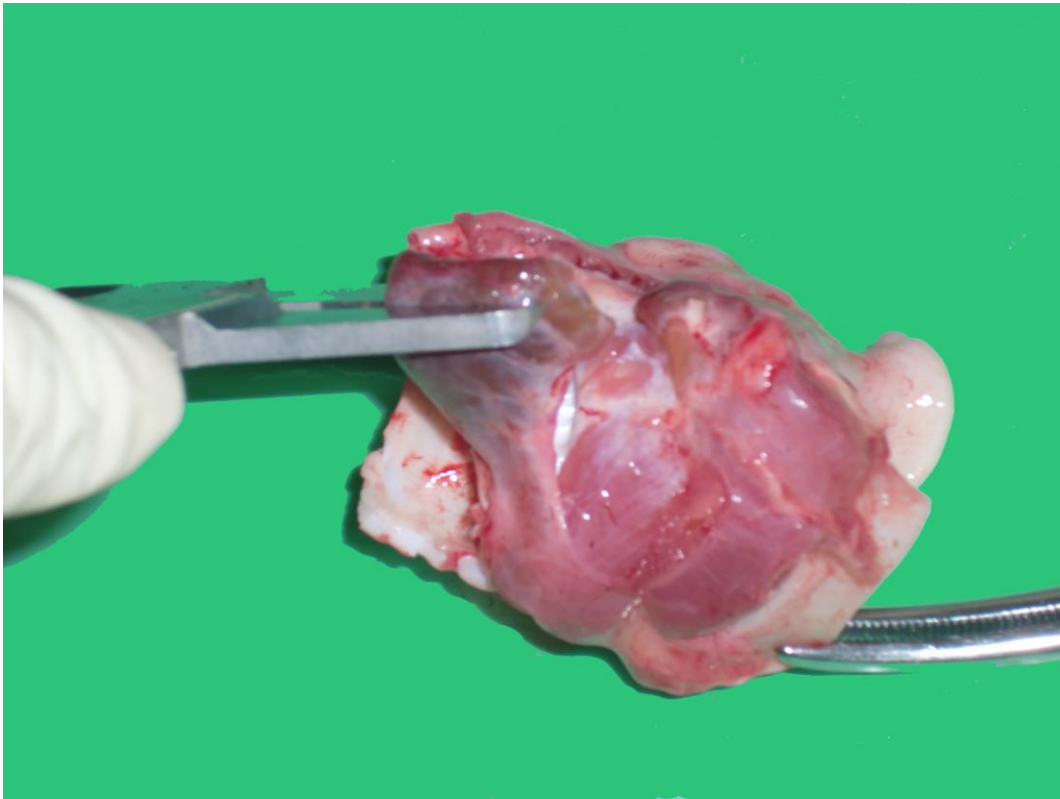


**Abbildung 14: Abmessung der Länge mittels Schieblehre**



**Abbildung 15: Abmessung der Höhe mittels Schieblehre**

Nach der Längen- und Höhenvermessung der Schilddrüse wurde diese soweit vom Larynx abpräpariert bis eine Vermessung der Breite (= latero-mediale Ausdehnung der Drüse) mittels Schieblehre möglich war (Abbildung 16).



**Abbildung 16: Abmessung der Breite mittels Schieblehre**

### **Ermittlung des Volumens**

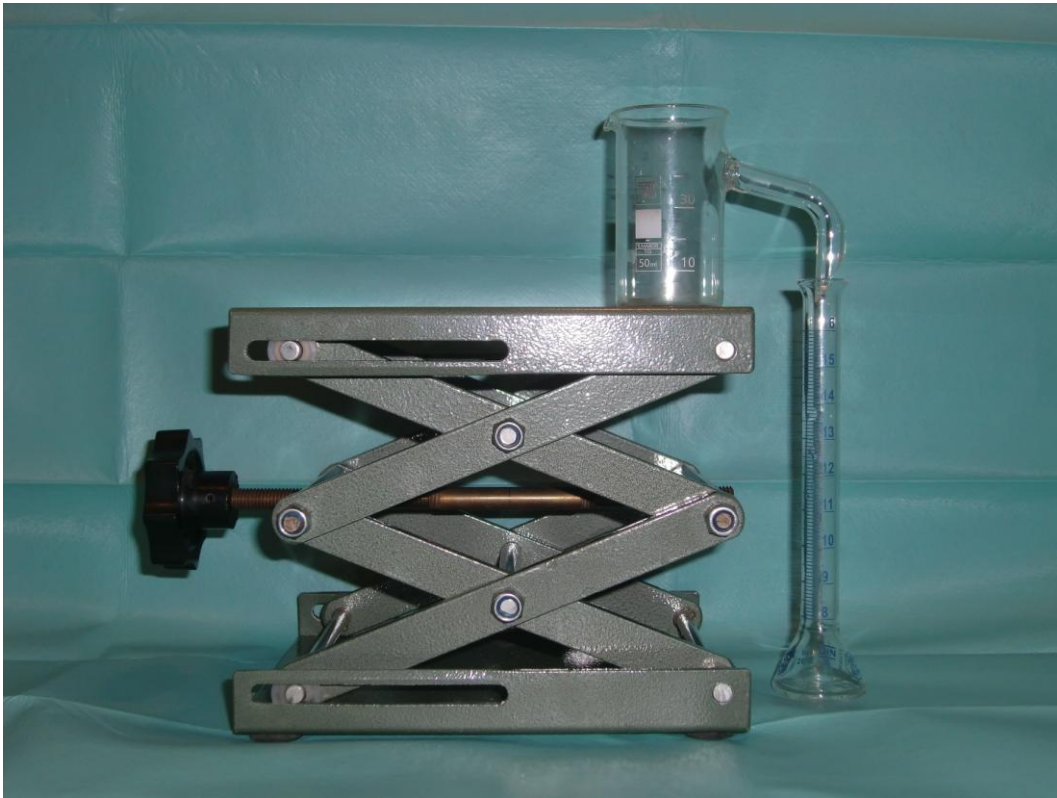
Die Ermittlung des Volumens der Schilddrüse erfolgte nach dem Prinzip der Verdrängungsmethode. Sie beruht auf der These, dass jeder Körper, der in Flüssigkeit eingetaucht wird, genau sein eigenes Volumen verdrängt. Durch Auffangen und Abmessen des durch den Körper verdrängten Volumens kann das Eigenvolumen des Körpers ermittelt werden.

Zur Volumenmessung wurde ein fein kalibrierter Messzylinder und ein Becherglas mit Auslaufstutzen der Firma Neubert (Suhl) verwendet. Der Zylinder erlaubt eine Messgenauigkeit von 0,1 ml pro Eichstrich, so dass auch kleine Volumina mit großer Genauigkeit abgelesen werden konnten.

Das Becherglas wurde genau bis zum Auslaufstutzen mit Flüssigkeit aufgefüllt, so

dass ohne Manipulation keine Flüssigkeit über den Auslaufstutzen in den Messzylinder entweichen konnte (modifiziert nach SCHMIDT (1998) und KURZKE (2001)).

In Abbildung 17 wird die Vorrichtung zur Abmessung des Volumens mit Messzylinder und Becherglas mit Überlauf gezeigt.



**Abbildung 17: Messzylinder und Becherglas mit Überlauf zur Volumenabmessung**

Die Schilddrüse wurde nun jeweils am Übergang zum Isthmus von diesem abgetrennt und die beiden Seitenlappen wurden zugleich in das Becherglas gegeben. Die Volumenbestimmung erfolgte pro Exstirpat einmal.

## 4 Bestimmung der T<sub>4</sub>-Konzentration

Um einen Überblick über den T<sub>4</sub> Status der untersuchten Tiere zu erhalten, wurde bei allen Probanden eine T<sub>4</sub> Analyse im Serum durchgeführt.

### 4.1 Blutentnahme

Die Blutgewinnung erfolgte durch Punktion der *V. jugularis* mittels Einmalkanüle zum Zeitpunkt der Euthanasie und bei den lebenden Probanden im Rahmen der Entnahme einer Rückstellblutprobe der Klinik für Wiederkäuer am Tag der Entlassung. Das Blut wurde in ein handelsübliches 9 ml Serumröhrchen gefüllt. Im Labor wurde das Blut zentrifugiert, das Serum in ein Eppendorfgesäß überführt und in einem – 80 °C Gefrierschrank bis zum Zeitpunkt der Untersuchung verwahrt.

### 4.2 Blutuntersuchung

Das verwendete Testkit wird in der Humanmedizin eingesetzt und wird von der Firma Roche (Mannheim) vertrieben.

Im Serum der untersuchten Tiere wurde Thyroxin mittels eines immunologischen in vitro Tests zur quantitativen Bestimmung des Thyroxin in Humanserum und -plasma bestimmt.

Bei diesem Testsystem handelte es sich um einen ElektroChemiLumineszenzImmunoAssay („ELICA“). Im Elecsys T<sub>4</sub> Test wurde ein kompetitives Testprinzip verwendet, bei dem der Antikörper spezifisch gegen T<sub>4</sub> gerichtet war. Dabei konkurrierte endogenes T<sub>4</sub> mit dem zugesetzten, exogenen T<sub>4</sub> Derivat um die Bindungsstellen an den markierten Antikörpern. Die resultierende Chemilumineszenzemission wurde gemessen und die Ergebnisse anhand einer Kalibrationskurve ermittelt. Der Messbereich des verwendeten Testkits lag bei 5,40 - 320 nmol/l bzw. 0,420 - 24,86 µg/dl und die analytische Nachweisgrenze

ze bei 5,40 nmol/l (Produktinformation der Firma Roche, Mannheim).

Alle Serumblutproben wurden doppelt untersucht und der entsprechende Mittelwert der beiden Messungen gebildet. Die Umrechnung der Schilddrüsenhormonkonzentrationen in die SI-Einheit erfolgte nach KRAFT (2005).

Die Untersuchung wurde am Gerät Elecsys 2010 von der Firma Roche (Mannheim) durchgeführt.

## 5 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Computerprogramme Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Microsoft Office 2007, Seattle, USA) und PASW Statistics, Version 18.0 (Inc. Chicago, IL, USA).

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf  $\alpha \leq 0,05$  festgelegt.

### Überprüfung auf Normalverteilung

Alle vorhandenen Daten wurden visuell mittels Boxplots und QQ-Plots auf Normalverteilung untersucht. Da die Daten nicht-normalverteilt waren, wurden Mediane mit Minimum und Maximum angegeben und für statistische Vergleiche nicht-parametrische Tests eingesetzt.

### Auswertung der sonographischen Daten

Die sonographischen Daten der Abmessungsdimensionen (Länge, Breite, Höhe) wurden pro Tiere fünfmal bestimmt.

Nicht alle Tiere wiesen fünf Messdaten pro entsprechender sonographischer Abmessungsdimension auf. Aus diesem Grund wurden die Berechnungen anhand von mindestens drei zufällig ausgewählter Messdatensätzen durchgeführt. Aus diesen drei Messdatensätzen jedes einzelnen Probanden wurde der Mittelwert der Abmessungsparameter Länge, Breite und Höhe berechnet. Schließlich wurde aus

den Mittelwerten der einzelnen Probanden der Mittelwert mit Standardabweichung für alle Probanden berechnet. Falls Tiere keine drei gültigen Messungen in einer Dimension aufwiesen, wurden sie aus der Berechnung dieser Dimension ausgeschlossen. Dies war bei maximal zwei Tieren pro Dimension der Fall. Aus diesem Grund wurde in den Tabellen die Anzahl der Tiere angegeben, die für die entsprechenden Parameter tatsächlich untersucht wurden.

### **Überprüfung der Reproduzierbarkeit der sonographischen Messungen**

Die Reproduzierbarkeit der Methodik Sonographie wurde anhand von wiederholten Messungen der jeweiligen Abmessungsparameter (Länge, Breite, Höhe) evaluiert. Dazu wurde der Variationskoeffizient aus den drei zufällig ausgewählten Messwerten berechnet.

### **Prüfung der Abhängigkeiten von Schilddrüsenvolumen, T<sub>4</sub>-Konzentration und Geschlecht der Kälber**

Es sollte ein Faktor (Geschlecht) mit zwei Ausprägungen in Bezug auf nicht-normalverteilte, kontinuierliche Parameter (Schilddrüsenvolumen und T<sub>4</sub>-Konzentration) verglichen werden. Aus diesem Grund wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Der Mann-Whitney-U-Test dient zum Vergleich von zwei unabhängigen Gruppen und geht davon aus, dass die zu vergleichenden Stichproben aus einer identischen Verteilung stammen (BORTZ, 2005).

### **Prüfung der Abhängigkeit von Schilddrüsenvolumen und Rasse der Kälber**

Zur Prüfung auf Abhängigkeit zwischen dem Schilddrüsenvolumen und den verschiedenen Rassen der untersuchten Kälber, wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet.



### **Prüfung der Abhängigkeit von Schilddrüsenvolumen, T<sub>4</sub>-Konzentration, Alter und Körpermasse der Kälber**

Die Prüfung der Abhängigkeit zwischen Schilddrüsenvolumen, T<sub>4</sub>-Konzentration, Alter und Körpermasse der Kälber erfolgte durch die Berechnung der Korrelation nach Pearson. Die Auswertungen wurden für lebende und euthanasierte Tiere durchgeführt.

### **Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Messungen mittels Sonographie und Messungen mit der Schieblehre**

Um zu untersuchen, wie die Messungen zwischen Sonographie und Schieblehre korrelierten, wurden die Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet.

### **Beziehung zwischen dem sonographisch ermittelten Schilddrüsenvolumen und dem mittels Schieblehre bestimmten Abmessungen**

Mittels linearer Regressionsanalyse wurden Gleichungen aufgestellt, mit Hilfe derer das Schilddrüsenvolumen aus den ermittelten Abmessungen (sonographisch und mittels Schieblehre) der euthanasierten Tiere errechnet werden kann. Dabei wurde das durch die Wasserverdrängungsmethode ermittelte Volumen als Goldstandard gewertet. Für Kälber, die jünger als 3 Monate sind, wurde ein Korrekturfaktor ähnlich dem in der Humanmedizin gebräuchlichen, errechnet. Dazu wurde eine lineare Regressionsgleichung aus dem Volumen der Schieblehreabmessungen und dem Wasserverdrängungsvolumen errechnet. Bei nicht signifikanten Konstanten in der Gleichung wurde eine zweite Regressionsgleichung errechnet, die durch den Ursprung ging und so zu einer Vereinfachung der Formel für das aus den mittels Schieblehredaten errechnete Volumen führte.

### **Beziehung zwischen Schilddrüsenvolumen und Körpermasse**

Eine lineare Regressionsanalyse wurde mit der unabhängigen Variablen Körpermasse und der abhängigen Variablen Schilddrüsenvolumen (alle Tiere) durchgeführt.

## IV ERGEBNISSE

### 1 Präzision der sonographischen Messung

Tiere, bei denen nicht mindestens drei Messwerte vorhanden waren, wurden nicht mit in die Berechnung des Variationskoeffizienten eingeschlossen, weshalb die Stichprobenumfänge für die verschiedenen Dimensionen unterschiedlich ausfielen. In Tabelle 1 sind die Variationskoeffizienten der Messergebnisse für beide Schilddrüsenlappen mit den dazugehörigen Abmessungsparametern (Länge, Breite, Höhe) zusammengefasst. Der Variationskoeffizient lag jeweils unter 10 %.

**Tabelle 1: Variationskoeffizienten aus drei Wiederholungen bei sonographischen Messungen der Dimensionen der Schilddrüse von bis zu 3 Monate alten Kälbern**

Dimension	Probandenzahl	Vk [%]
Rechts Länge	n = 78 Tiere	3,04
Links Länge	n = 81 Tiere	3,97
Rechts Breite	n = 83 Tiere	7,26
Links Breite	n = 82 Tiere	7,34
Rechts Höhe	n = 83 Tiere	3,89
Links Höhe	n = 82 Tiere	3,21

Die Variationskoeffizienten bei der Messung der Breite sind deutlich größer als jene der Höhe und der Länge.

## 2 Vermessungen an der Schilddrüse

### 2.1 Vermessungen mittels Sonographie

Tabelle 2 zeigt die durchschnittliche Schilddrüsengröße (Mittelwert mit Standardabweichung), die anhand der sonographischen Untersuchung ermittelt wurde.

**Tabelle 2: Durchschnittliche Länge, Breite und Höhe des rechten und des linken Schilddrüsenlappens (Messung: Sonographie) (n = 83 Tiere)**

Dimension	Mittelwert [mm]	Standardabweichung [mm]
Rechts Länge	30,14	2,96
Rechts Breite	9,74	1,48
Rechts Höhe	22,11	2,47
Links Länge	30,10	3,60
Links Breite	10,35	1,71
Links Höhe	21,99	2,73

Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, sind der rechte und der linke Schilddrüsenlappen in Bezug auf ihre Länge und Höhe ( $p = 0,824$  bzw.  $p = 0,672$ ) annähernd gleich groß, während die Breite des linken Lappens signifikant größer war als die des rechten Lappens ( $p \leq 0,001$ ).

### 2.2 Vermessungen mittels Schieblehre

An 43 toten Tieren erfolgte einmalig die Vermessung der Schilddrüsengröße in Bezug auf Länge, Breite und Höhe mittels Schieblehre (Goldstandard). Die durchschnittliche Größe der jeweiligen Dimension an beiden Schilddrüsenlappen gemessen mittels Sonographie und Schieblehre mit der entsprechenden Standardabweichung wird in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3: Durchschnittliche Länge, Breite und Höhe des rechten und des linken Schilddrüsenlappens (Messung: Schieblehre und Sonographie)**

Dimension	MW Sonographie [mm] (n = 40)	STABW Sonographie [mm] (n = 40)	MW Schieblehre [mm] (n = 43)	STABW Schieblehre [mm] (n = 43)	Signifikanz p
Rechts Länge	29,79	2,79	30,41	3,35	0,127
Rechts Breite	9,22	1,46	6,12	1,12	≤ 0,001
Rechts Höhe	22,01	2,41	22,99	3,00	0,010
Links Länge	29,77	3,64	30,60	4,22	0,512
Links Breite	9,80	1,73	5,97	0,91	≤ 0,001
Links Höhe	21,38	2,87	22,58	2,87	0,002

Die Vermessung mit der Schieblehre zeigte, dass der linke und der rechte Schilddrüsenlappen ungefähr gleich groß waren (Länge:  $p = 0,887$ ; Breite:  $p = 0,273$ ; Höhe:  $p = 0,551$ ), wobei vor allem die Mittelwerte des mittels Schieblehre erhobenen Parameters Länge nahezu identisch mit den sonographisch erhobenen Messwerten war. Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied in der Längenabmessung zwischen der Messmethode Schieblehre und der Messmethode Sonographie. Auffällig war, dass die mittels Schieblehre erhobenen Messdaten für die Schilddrüsenbreite deutlich niedriger ausfielen als die mittels Sonographie erhobenen Messwerte für die Schilddrüsenbreite. Die Höhe unterschied sich statistisch signifikant zwischen den mittels Schieblehre ermittelten und den mittels Sonographie ermittelten Werten, wobei die mittels Schieblehre ermittelten Werte höher ausfielen als die mittels Sonographie ermittelten Werte.

### 2.3 Korrelation zwischen Messungen mittels Schieblehre und mittels Sonographie

Die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den Messungen mittels Sonographie und Schieblehre sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

**Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten: Vergleich Sonographie (Mittelwert) mit Schieblehre (n = 43 Tiere)**

Parameter	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p
Rechts Länge	0,80	< 0,001
Links Länge	0,59	< 0,001
Rechts Breite	0,10	0,532
Links Breite	0,19	0,234
Rechts Höhe	0,79	< 0,001
Links Höhe	0,62	< 0,001

Während die sonographischen Messungen und die Schieblehremessdaten der Schilddrüse in Bezug auf die Höhe und die Länge des rechten und des linken Schilddrüsenlappens signifikant korrelieren, ist dies bei der Schilddrüsenbreite des rechten und des linken Schilddrüsenlappens nicht der Fall.

### 3 Volumetrie

#### 3.1 Volumetrie am Schilddrüsenpräparat mittels Wasserverdrängungsmethode ( $V_W$ )

An 43 toten Probanden erfolgte die Volumenbestimmung mittels Wasserverdrängungsmethode (Goldstandard).

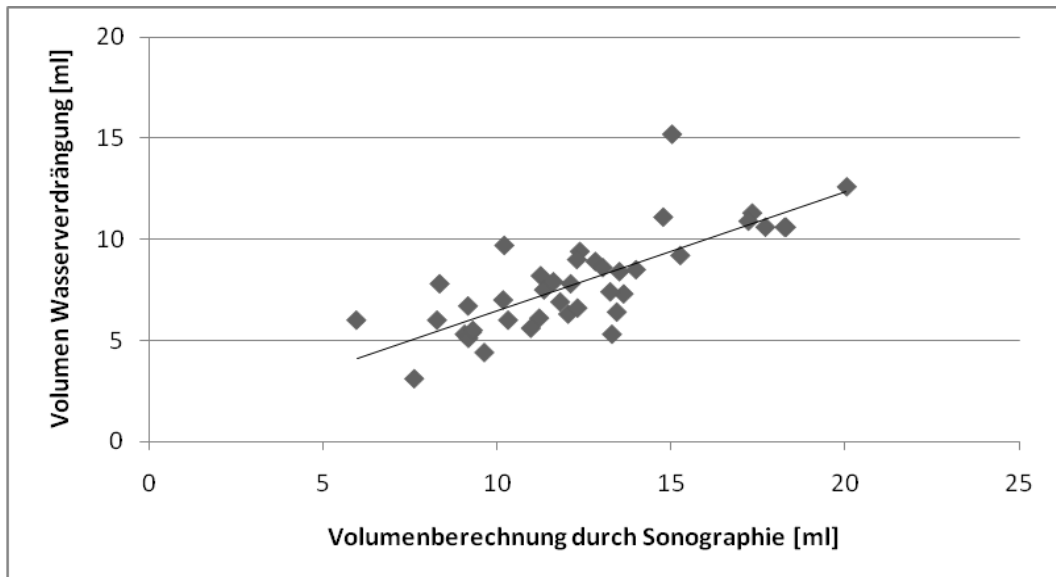
Im Durchschnitt betrug das durch Wasserverdrängungsmethode ermittelte Volumen der Schilddrüsenpräparate ( $V_W$ ) 7,91 ml bei einer Standardabweichung von 2,38 ml.

#### 3.2 Berechnung der Beziehung zwischen den mittels Sonographie und Wasserverdrängungsmethode ermittelten Daten

Zwischen dem Volumen aus der Wasserverdrängungsmethode ( $V_W$ ) und dem Volumen aus den sonographisch ermittelten Messdaten ( $V_S$ ) wurde eine Regressionsgleichung (Formel 2) berechnet (Abbildung 18).

$$V_W = 0,5846 V_S + 0,6316 \text{ mit } r = 0,7680 \quad \text{(Formel 2)}$$

(Konstante:  $p = 0,530$ ; Koeffizient:  $p \leq 0,001$ )



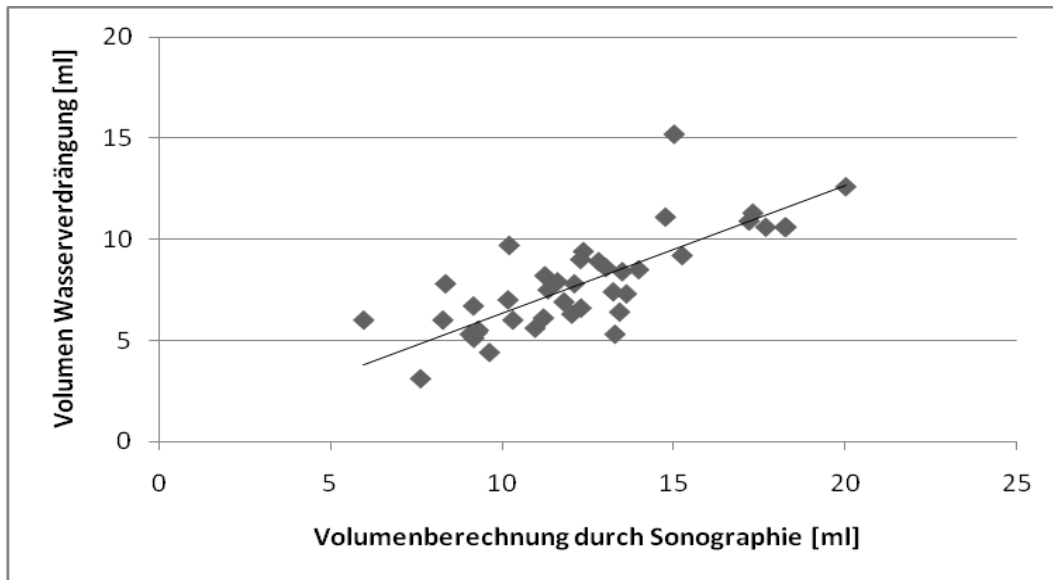
**Abbildung 18: Zusammenhang zwischen dem berechneten Volumen aus den Sonographiedaten und dem aus der Wasserverdrängungsmethode ermitteltem Volumen bei 43 Kälbern jünger als 3 Monate (lineare Regressionsgleichung  $V_W = 0,5846 V_S + 0,6316$  mit  $r = 0,7680$ )**

Da die Konstante im Regressionsmodell nicht signifikant war, konnte die Gleichung vereinfacht werden, so dass sich eine neue Regressionsgleichung (Formel 3) ergab, deren Beziehung in Abbildung 19 gezeigt wird:

$$V_W = 0,632 V_S \text{ mit } r = 0,7653$$

**Formel (3)**

(Koeffizient:  $p \leq 0,001$ )



**Abbildung 19: Zusammenhang zwischen dem berechneten Volumen aus den Sonographiedaten und dem aus der Wasserverdrängungsmethode ermitteltem Volumen bei 43 Kälbern jünger als 3 Monate (vereinfachte Regressionsgleichung  $V_W = 0,6324 V_S$  mit  $r = 0,7653$ )**

Daraus ergibt sich für die Berechnung des Schilddrüsenvolumens aus den in der Sonographie ermittelten Daten für die Dimensionen Länge, Breite und Höhe der Schilddrüse bei Kälbern, die jünger als 3 Monate sind, die Formel (4).

$V_W$  [ml] =

$$0,632 \times [(L_S + B_S + H_S)_{\text{linker Lappen}} + (L_S + H_S + B_S)_{\text{rechter Lappen}}] \quad \text{Formel (4)}$$

### 3.3 Volumenberechnung

#### 3.3.1 Berechnung des absoluten Schilddrüsenvolumens ( $V_{\text{Sono}}$ ) aus den Sonographiedaten

Durch den in der linearen Regression ermittelten Faktor 0,632 konnte nun das Volumen anhand der in der Sonographie gemessenen Daten nach Formel (4) berechnet werden.

Tabelle 5 zeigt das so berechnete durchschnittliche absolute Schilddrüsenvolumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) und das Volumen aus der Wasserverdrängungsmethode ( $V_W$ ).



**Tabelle 5: Durchschnittliches absolutes Schilddrüsenvolumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) für Kälber  $\leq 3$  Monate und durchschnittliches Volumen aus der Wasserverdrängungsmethode ( $V_{\text{W}}$ )**

	Probandenzahl	Mittelwert [ml]	Standardabweichung [ml]
$V_{\text{Sono}}$	n = 76 Tiere	8,61	2,39
$V_{\text{W}}$	n = 43 Tiere	7,91	2,38

### 3.3.2 Berechnung des Volumens der Schilddrüse in Relation zur Körpermasse ( $V_{\text{Sono relativ}}$ )

Zur Berechnung des relativen Schilddrüsenvolumens wurde das Schilddrüsenvolumen in Relation zur Körpermasse gesetzt. Dabei wurde sowohl das relative Schilddrüsenvolumen ( $V_{\text{Sono relativ}}$ ) anhand der sonographisch gewonnenen Daten als auch das aus der Wasserverdrängungsmethode ermittelte relative Volumen ( $V_{\text{W relativ}}$ ) berechnet.

$V_{\text{Sono relativ}}$  weist einen Mittelwert von 0,154 ml/kg mit einer Standardabweichung von 0,038 ml/kg auf. Bei  $V_{\text{W relativ}}$  ist ein Mittelwert von 0,157 ml/kg mit einer Standardabweichung von 0,043 ml/kg zu verzeichnen. Es besteht damit kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen  $V_{\text{Sono relativ}}$  und  $V_{\text{W relativ}}$  ( $p = 0,673$ ).

## 4 Zusammenhang zwischen Schilddrüsenvolumen und verschiedenen tierspezifischen Faktoren

### 4.1 Alter

#### Absolutes Schilddrüsenvolumen

In der vorliegenden Arbeit konnte keine Beziehung zwischen Alter und dem errechneten absoluten Schilddrüsenvolumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) gefunden werden ( $p = 0,176$ ;  $r = 0,213$ ,  $n = 76$ ).

#### Relatives Schilddrüsenvolumen

In Bezug auf das relative Schilddrüsenvolumen konnte ein Zusammenhang zum Alter berechnet werden ( $p \leq 0,001$ ;  $r = -0,512$ ,  $n = 76$ ). Je älter die Tiere waren, desto geringer war das relative Schilddrüsenvolumen (Abbildung 20).

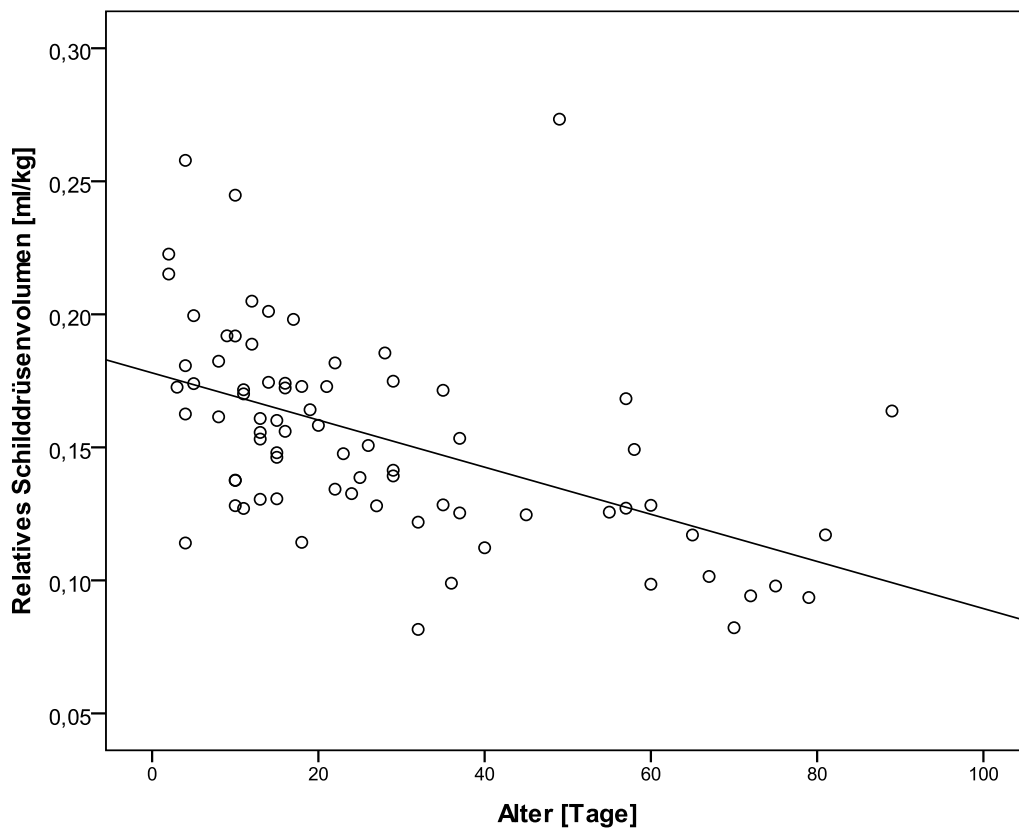


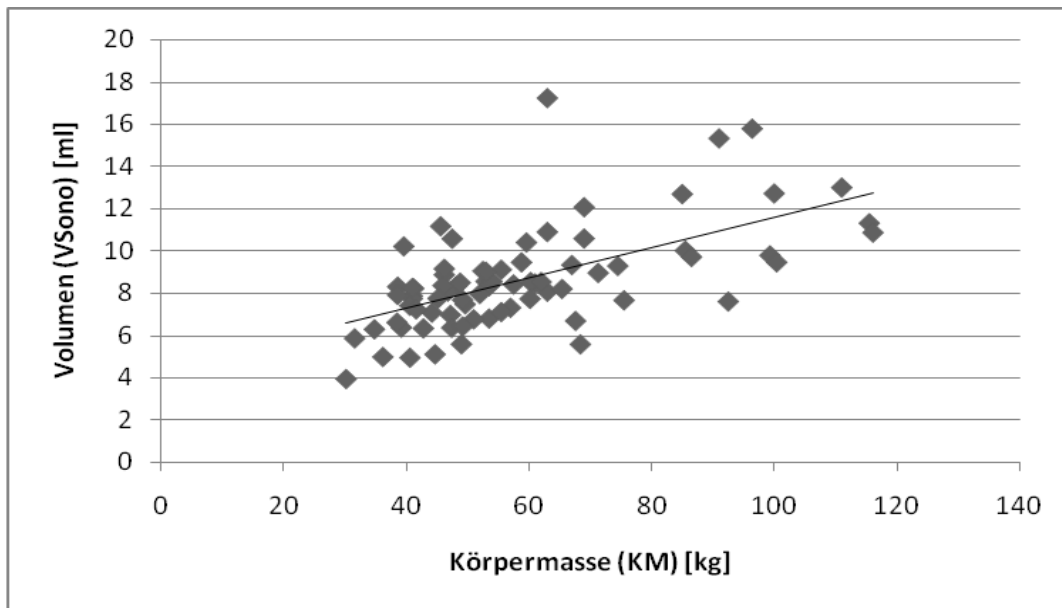
Abbildung 20: Zusammenhang zwischen dem relativem Schilddrüsenvolumen [ml/kg] und dem Alter [Tage] der Probanden ( $n = 76$ )

## 4.2 Körpermasse

### Absolutes Schilddrüsenvolumen

Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpermasse und dem nach Formel (4) errechneten absolutem Schilddrüsenvolumen ( $p \leq 0,001$ ;  $r = 0,475$ ,  $n = 76$ ).

Abbildung 21 zeigt die lineare Beziehung zwischen Körpermasse und Volumen ( $V_{\text{Sono}}$ ).



**Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Körpermasse (KM) und absolutem Schilddrüsenvolumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) ( $n = 76$ )**

Anhand der Graphik aus Abbildung 21 mit der Gleichung

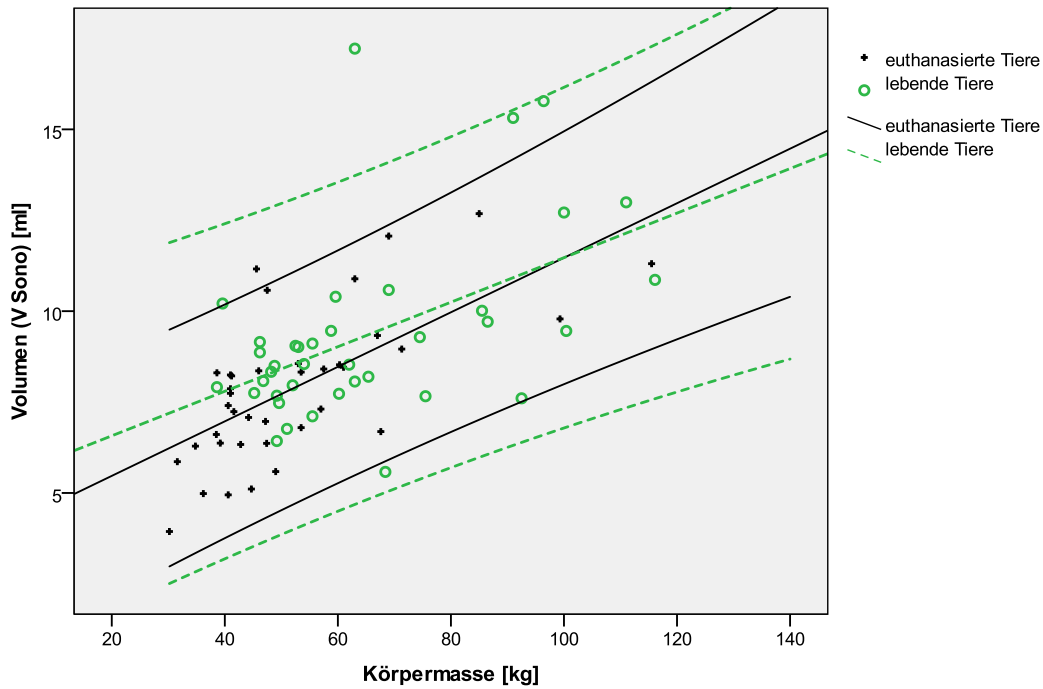
$$y = 0,071 x + 4,397 \text{ mit } r = 0,6115 \quad \text{Formel (5)}$$

wird folgende Formel für die Volumenschätzung der Schilddrüse von Kälbern erstellt.

$$V_{\text{Sono}} [\text{ml}] = 4,397 + 0,071 \text{ KM} [\text{kg}] \quad \text{Formel (6)}$$

Mit Formel (6) ist es nun möglich, anhand der jeweiligen Körpermasse eines Kalbes das entsprechende absolute Gesamtvolumen der Schilddrüse zu schätzen.

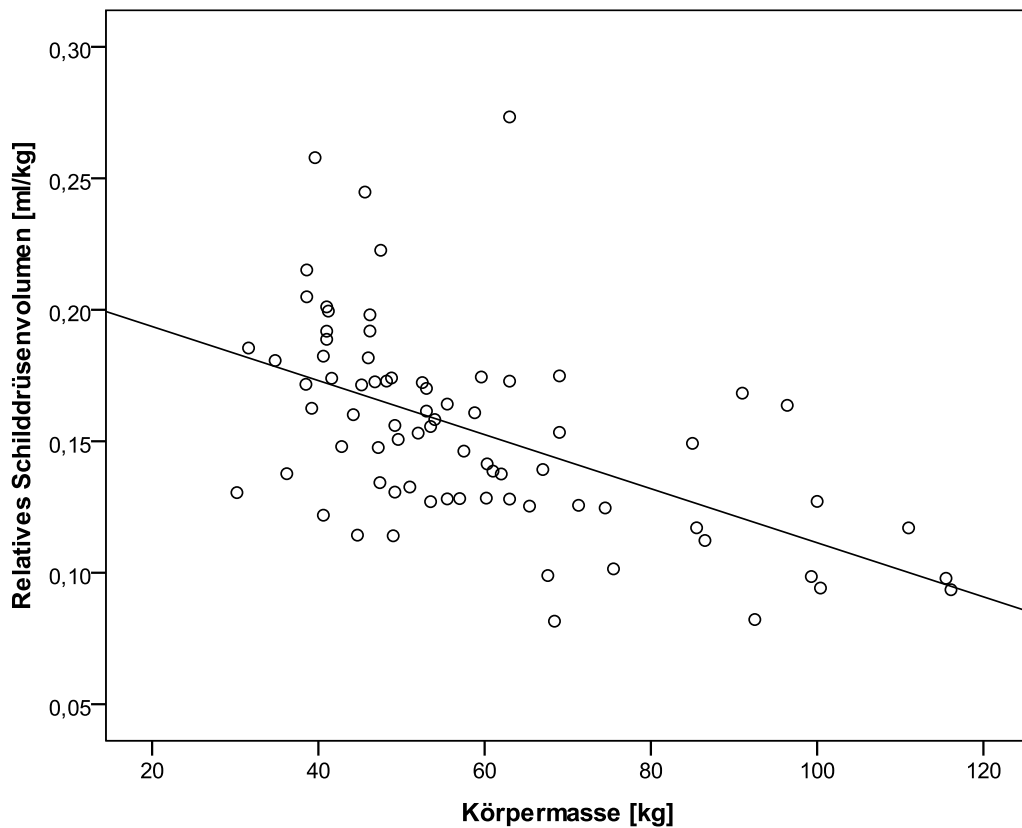
In Abbildung 22 sind die 95 %-Konfidenzintervalle für das sonographisch errechneten Volumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) in Abhängigkeit von der Körpermasse für lebende und euthanasierte Tiere dargestellt.



**Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Körpermasse und absolutem Schilddrüsenvolumen mit 95 %-Konfidenzintervallen für lebende Tiere ( $n = 38$ ) und euthanasierte Tiere ( $n = 38$ )**

### Relatives Schilddrüsenvolumen

Auch zwischen relativem Schilddrüsenvolumen und Körpermasse konnte ein Zusammenhang gefunden werden ( $p \leq 0,001$ ;  $r = -0,545$ ,  $n = 76$ ). Je größer die Körpermasse der Tiere, desto mehr nimmt das relative Schilddrüsenvolumen ab (Abbildung 23).



**Abbildung 23: Zusammenhang zwischen relativem Schilddrüsenvolumen [ml/kg] zur Körpermasse [kg] der untersuchten Kälber (n = 76)**

### 4.3 Rasse

#### Absolutes Schilddrüsenvolumen

Zwischen den Merkmalen Rasse und dem berechnetem absolutem Schilddrüsenvolumen aus den Sonographiewerten bestand kein Zusammenhang ( $p = 0,272$ ). Tiere der Rasse Fleckvieh ( $n = 65$ ) hatten ein medianes Schilddrüsenvolumen von 8,33 ml und Tiere anderer Rassen ( $n = 11$ ) hatten ein medianes Schilddrüsenvolumen von 8,30 ml.

### **Relatives Schilddrüsenvolumen**

Auch bei der Überprüfung zwischen den Eigenschaften Rasse und relativem Schilddrüsenvolumen konnte kein Zusammenhang festgestellt werden ( $p = 0,420$ ; Fleckvieh:  $n = 65$ ; Median:  $0,156$  ml/kg; andere Rassen:  $n = 11$ ; Median:  $0,148$  ml/kg).

## **4.4 Geschlecht**

### **Absolutes Schilddrüsenvolumen**

Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht der untersuchten Probanden mit dem absoluten Schilddrüsenvolumen abgeleitet werden ( $p = 0,547$ ; männliche Tiere ( $n = 45$ ) Median  $8,07$  ml; weibliche Tiere ( $n = 31$ ); Median:  $9,05$  ml).

### **Relatives Schilddrüsenvolumen**

Auch zwischen dem Geschlecht und dem relativen Schilddrüsenvolumen konnte kein Zusammenhang ermittelt werden ( $p = 0,233$ ; männliche Tiere ( $n = 45$ ); Median:  $0,146$  ml/kg; weibliche Tiere ( $n = 31$ ); Median:  $0,164$  ml/kg).

## **4.5 Lebende Tiere mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierte Tiere**

### **Absolutes Schilddrüsenvolumen**

Signifikant war der Unterschied zwischen lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierten Tieren in Bezug auf das unter Zuhilfenahme von Sonographiedaten berechnete Volumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) im Mann-Whitney-U-Test ( $p = 0,007$ ). Dabei stellte sich heraus, dass die lebenden Tiere mit Entlassungsstatus „geheilt“ höhere Schilddrüsenvolumina aufwiesen ( $n = 38$ ; Median:  $8,71$  ml), als die euthanasierten Probanden ( $n = 38$ ; Median:  $7,80$  ml).

### **Relatives Schilddrüsenvolumen**

Es bestand kein Unterschied zwischen relativem Schilddrüsenvolumen von lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierten Tieren ( $p = 0,324$ ; „geheilte“ Tiere ( $n = 38$ ); Median: 0,153 ml/kg; euthanasierte Tiere ( $n = 38$ ), Median 0,152 ml/kg).

## **5 T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum von Kälbern**

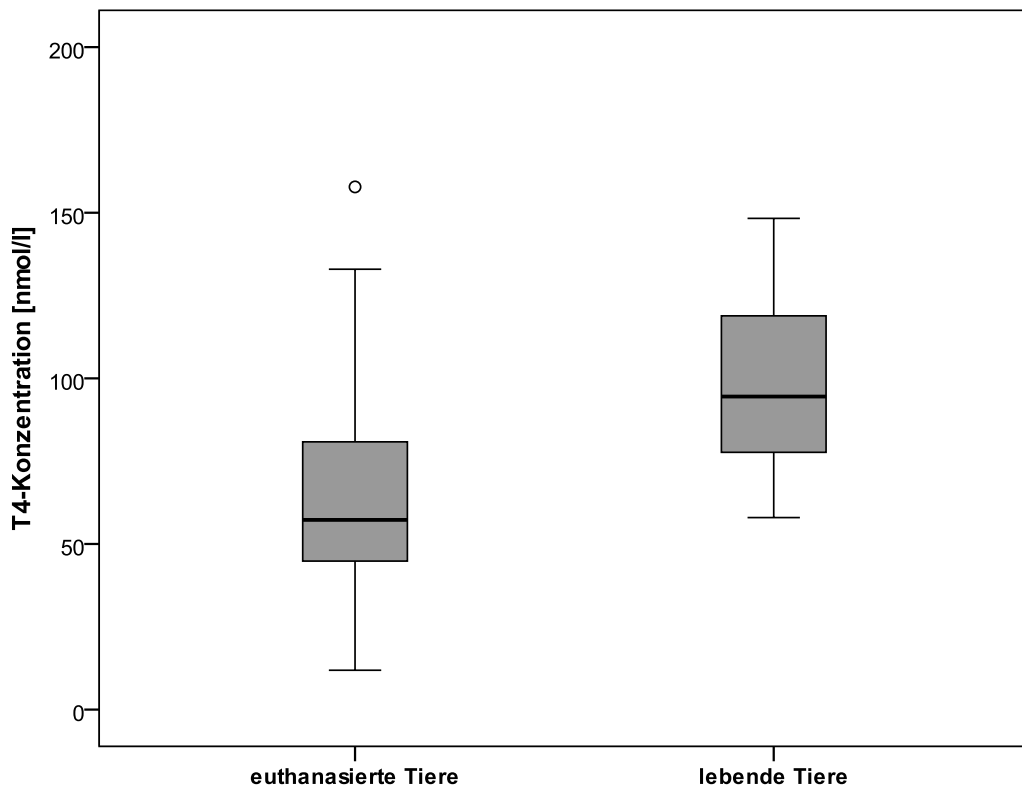
### **5.1 T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum von allen untersuchten Probanden**

Bei allen Probanden wurde im Blutserum der T<sub>4</sub>-Konzentration in einer Doppelbestimmung ermittelt und daraus jeweils der Mittelwert gebildet. Im Anschluss daran wurden der Mittelwert und die Standardabweichung für die T<sub>4</sub>-Konzentration aller Probanden berechnet. So ergab sich eine durchschnittliche T<sub>4</sub>-Konzentration von 81,4 nmol/l mit einer Standardabweichung von 33,4 nmol/l.

### **5.2 Unterschiede der T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum von lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und von euthanasierten Tieren**

Zwischen überlebenden und später euthanasierten Tieren konnte im Bezug auf T<sub>4</sub>-Konzentration ein signifikanter Unterschied ( $p \leq 0,001$ ) festgestellt werden (Abbildung 24).





**Abbildung 24: T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum von euthanasierten Tieren und lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ (n = 83)**

Die lebenden Probanden mit Entlassungsstatus „geheilt“ zeigten im Mittel höhere T<sub>4</sub>-Konzentrationen als die euthanasierten Kälber (Tabelle 6).

**Tabelle 6: T<sub>4</sub>-Konzentrationen bei lebenden Kälbern mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierten Kälbern (Mittelwert mit Standardabweichung)**

	Mittelwert [nmol/l]	Standardabweichung [nmol/l]
T <sub>4</sub> geheilte Tiere	99,2	24,6
T <sub>4</sub> euthanasierte Tiere	64,9	57,3

## **6 Zusammenhang zwischen T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum von Kälbern und verschiedenen tierspezifischen Faktoren**

Da sich die T<sub>4</sub>-Konzentrationen von euthanasierten Kälber von den T<sub>4</sub>-Konzentrationen von überlebenden Kälbern mit Entlassungsstatus „geheilt“ unterschieden haben, wurden im Weiteren nur die Zusammenhänge zwischen den T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum von lebenden Kälbern und verschiedenen tierspezifischen Faktoren betrachtet.

### **6.1 Alter**

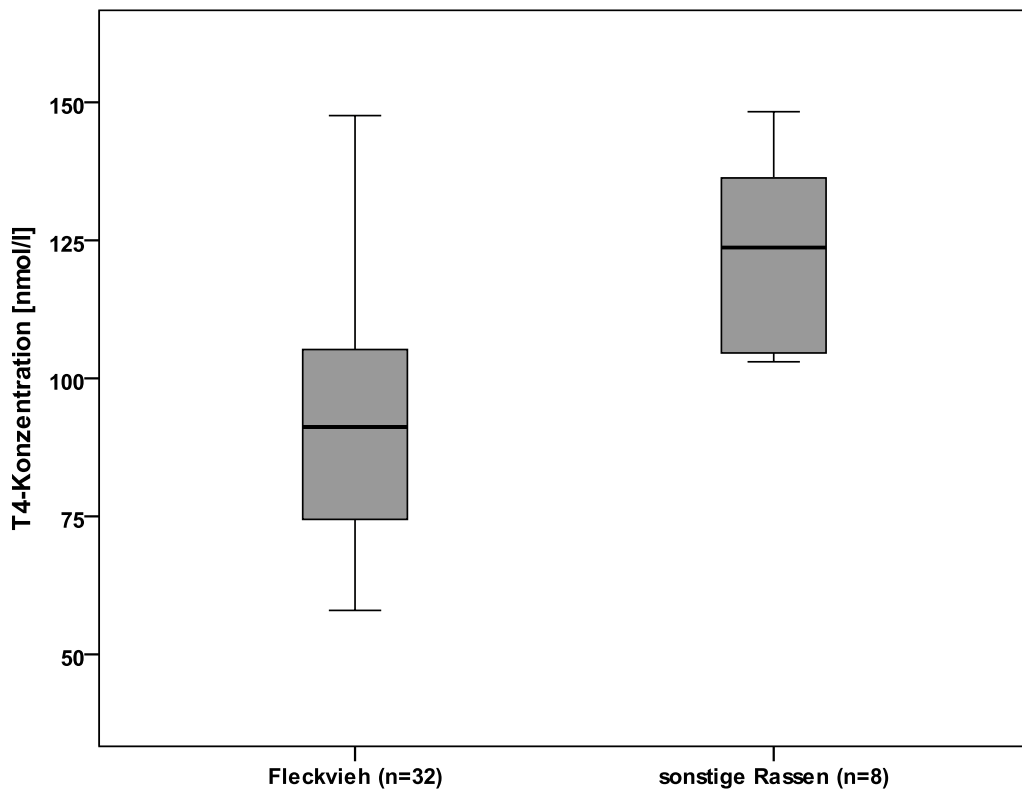
Es konnte keine Beziehung zwischen Alter und T<sub>4</sub>-Konzentration abgeleitet werden ( $p = 0,457$ ;  $r = 0,121$ ;  $n = 40$ ).

### **6.2 Körpermasse**

Zwischen Körperlebensmasse der untersuchten Tiere und der T<sub>4</sub>-Konzentration konnte ebenfalls kein Zusammenhang hergestellt werden ( $p = 0,376$ ;  $r = 0,144$ ;  $n = 40$ ).

### **6.3 Rasse**

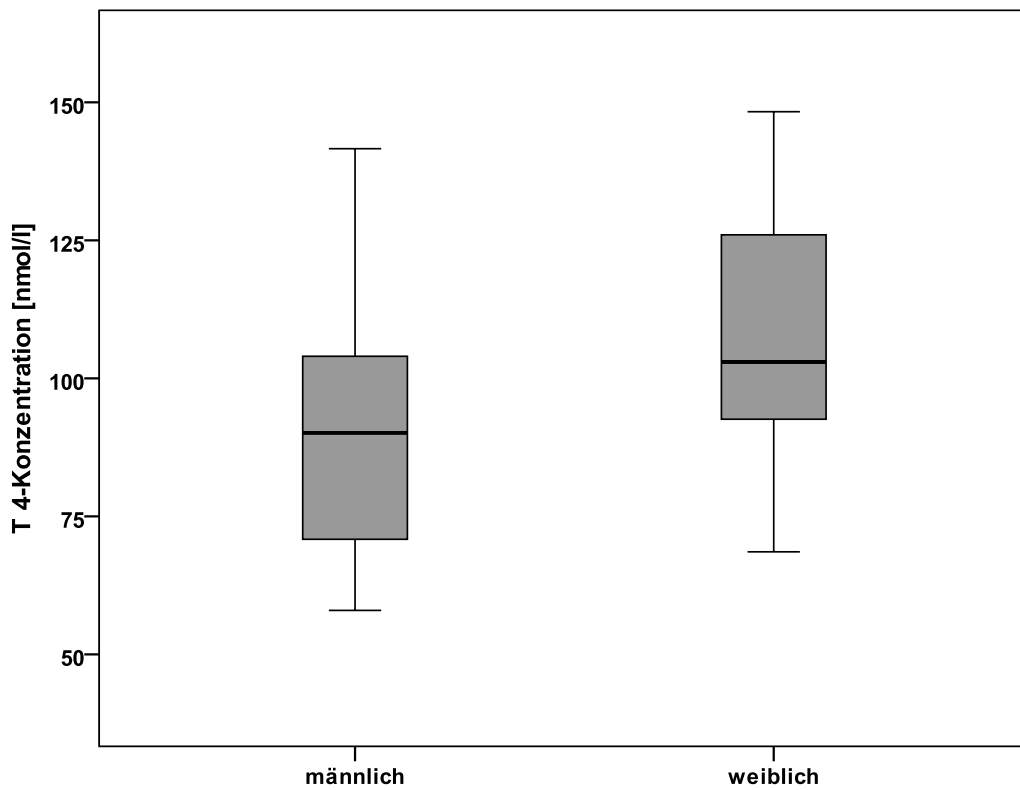
Um einen Bezug zu den Rassen herzustellen, wurden Tiere der Rasse Fleckvieh mit den Tieren der anderen Rassen verglichen. Dabei ergab sich zwischen den Kälbern der Rasse Fleckvieh ( $n = 32$ ) und den Kälbern der „sonstigen Rassen“ ( $n = 8$ ) ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,002$ ), was in Abbildung 25 gezeigt wird. Die Kälber der „sonstigen Rassen“ ( $n = 8$ ) wiesen eine mediane T<sub>4</sub>-Konzentration von 123,7 nmol/l (1. Quartil: 104,3; 3. Quartil: 138,1) auf. Die Kälber der Rasse Fleckvieh ( $n = 32$ ) zeigten eine mediane T<sub>4</sub>-Konzentration von 91,2 nmol/l (1. Quartil: 73,9; 3. Quartil: 107,1).



**Abbildung 25: Darstellung der T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum bei Kälbern der Rasse Fleckvieh und „sonstigen Rassen“ (n = 40)**

#### 6.4 Geschlecht

Es konnte eine signifikante Beziehung zwischen dem Geschlecht der Tiere und der T<sub>4</sub>-Konzentration der untersuchten Probanden registriert werden ( $p = 0,019$ ;  $n = 40$ ), was in Abbildung 26 gezeigt wird. Die männlichen Tiere ( $n = 21$ ) hatten eine mediane T<sub>4</sub>-Konzentration von 90,2 nmol/l (1. Quartil: 70,8; 3. Quartil: 104,6), während die weiblichen Tiere ( $n = 19$ ) eine mediane T<sub>4</sub>-Konzentration von 103,0 nmol/l aufwiesen (1. Quartil: 92,0; 3. Quartil: 126,4).



**Abbildung 26: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum von männlichen und weiblichen Kälbern (n = 40)**

## 6.5 Schilddrüsenvolumen

Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem in der Sonographie berechneten absoluten Volumen ( $p = 0,353$ ;  $r = 0,155$ ,  $n = 38$ ) und der T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum nachgewiesen werden.

Auch das relative Volumen aus den Daten der sonographischen Messungen ( $p = 0,495$ ;  $r = 0,114$ ,  $n = 38$ ) zeigte keine Beziehung zur T<sub>4</sub>-Konzentration.

## V DISKUSSION

### 1 Material und Methoden

Die Einteilung der untersuchten Probanden erfolgte in lebende Tiere mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierte Tiere. Da in der Regel an der Klinik für Wiederkäuer Kälber nur dann entlassen werden, wenn sie nach STÖBER (1990) untersucht wurden und nach der Untersuchung den Status „geheilt“ haben, ist davon auszugehen, dass die lebenden Probanden zum Zeitpunkt der sonographischen Schilddrüsenuntersuchung gesund waren. Nicht auszuschließen sind jedoch Effekte auf die Schilddrüse durch die Erkrankung, die bis zum Zeitpunkt der Entlassung noch nicht ausgeglichen wurden. Einen Hinweis hierauf lieferten die noch zu besprechenden Vergleiche zwischen Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierten Tieren.

Dass die Rasse Fleckvieh im süddeutschen Raum eine dominierende Rolle spielt und damit auch zu den häufigsten Patienten an der Klinik für Wiederkäuer zählt, ist bekannt. Dieser Tatsache musste bei der Betrachtung der Ergebnisse Rechnung getragen werden, so dass man bei Berücksichtigung dieses Hintergrundes nur Aussagen in Bezug auf die Rasse Fleckvieh machen kann.

Obwohl die Sonographie das Mittel der Wahl - sowohl in der Humanmedizin (WEIGOLD & BANHOLZER, 1994; BRAUN & BLANK, 2006) als auch im Bereich der Kleintiermedizin (WISNER et al., 1991; CARTEE et al., 1993; WISNER et al., 1994a) - zur Visualisierung der Schilddrüse und zur Diagnostik von verschiedenen Schilddrüsenenerkrankungen ist (REESE et al., 2005), setzt diese Untersuchungstechnik zweifelsohne eine gewisse Kooperationsbereitschaft der Patienten voraus. Bei Kleintieren kann von einer Kooperationsbereitschaft ausgegangen werden, da die Tiere durch den Umgang mit dem Besitzer gewisse Verhaltensmuster erlernt haben. In der Regel wurden die Hunde im sitzenden oder liegenden Zustand der Schilddrüsenuntersuchung - ohne Sedation - unterzogen (WISNER & NYLAND, 1998; BRÖMEL et al., 2005; REESE et al., 2005; BRÖMEL et al., 2006). Pferde, deren Schilddrüse sonographisch untersucht wurde, wurden vor der Untersuchung mehrmals auf diese Situation konditioniert

(DORST, 2001). Ferner sind adulte Pferde an eine Manipulation am Kopf schon alleine durch das Aufsetzen des Halfters gewöhnt. Dahingegen sind Kälber, die jünger als drei Monate sind, vor allem im gesunden Zustand sehr lebhaft und munter. Dies hatte zur Folge, dass diese Tiere durch eine Hilfsperson relativ gut fixiert werden mussten, um eine Flexion des Halses auszuschließen und damit der Form- und Lageveränderung der Schilddrüse vorzubeugen. Trotz der zum Teil schwierigen Untersuchungsbedingungen mussten lediglich neun lebhaftere Tiere aus diesem Grund von der Untersuchung und Auswertung ausgeschlossen werden.

## 2 Ergebnisse

TAEYMANS et al. (2005) evaluierten in ihrer Studie beim Hund die Reproduzierbarkeit der sonographischen Schilddrüsenmessung. Im Unterschied zu der hier durchgeführten Untersuchung wurde bei TAYMANS et al. (2005) sowohl die intraindividuelle als auch die interindividuelle Varianz der sonographischen Vermessung der Schilddrüse untersucht. Dabei stellte sich die größte intra- und interindividuelle Variabilität bei der sonographischen Messung im Bereich der Dimension Länge heraus, was im Gegensatz zu den hier vorliegenden Erkenntnissen steht. Vermutlich hängt der Unterschied zu den Ergebnissen von TAYMANS et al. (2005) damit zusammen, dass dort auch der Einfluss mehrerer Untersucher bei der sonographischen Schilddrüsenuntersuchung betrachtet wurde.

Es verwundert nicht, dass in der hier vorliegenden Arbeit die Reproduzierbarkeit der sonographischen Messung und die Korrelation zwischen den Messvarianten Sonographie und Schieblehre in der Dimension Breite nicht optimal ist. Im Rahmen der sonographischen Untersuchungen war aufgefallen, dass sich je nach Schallkopfdruck im Bereich der *Regio laryngea* die Schilddrüsenform und -lage veränderte. Je stärker der Schallkopfdruck, desto weiter ließ sich die Schilddrüse von der Trachea nach lateral abdrängen und verändert damit nicht nur ihre Lage, sondern auch ihre Form. Auch REESE (2002) hatte diese Beobachtung gemacht und beschrieb je nach Schallkopfdruck eine Lage- und Formveränderung der Schilddrüse. Da es sich bei der Dimension Breite (= latero-

mediale Ausdehnung) um die dünnste und damit fragilste Dimension der Schilddrüse handelte, erscheint es durchaus plausibel, dass sich Veränderungen in der Form vor allem in dieser Abmessungsdimension manifestierten. Eine Reduktion des Schallkopfandrucks war nicht möglich, da ein gewisser Druck nötig war, um die Schilddrüse sonographisch darstellen zu können: Bei zu geringem Schallkopfdruck verschwand die Schilddrüse im Schallschatten der Trachea und konnte sonographisch nicht abgebildet werden. Um dieser Problematik gerecht zu werden, wurde versucht, den Schallkopfdruck - soweit dies durch den subjektiven Eindruck der Untersucherin möglich war - konstant zu halten. Dies gestaltete sich vor allem bei kachektischen und lebhaften Tieren schwierig. Insofern musste das Faktum der Lage- und Formveränderung der Schilddrüse je nach Schallkopfdruck und die damit verbundene Messvarianz zur Kenntnis genommen werden.

In der zugänglichen Literatur wurden bisher keine Volumina von Kälberschilddrüsen beschrieben. Die in der hier vorliegenden Arbeit ermittelten Unterschiede zwischen den Volumina aus der Wasserverdrängungsmethode und den Berechnungen anhand der Sonographiedaten beruhten vermutlich darauf, dass die Dimension Breite mittels Sonographie als Messmethode jeweils größer gemessen wurde als an der abpräparierten Schilddrüse. Formveränderungen durch den Prozess des Abpräparierens sind unvermeidbar. SCHMIDT (1998) stellte beim Hund ebenfalls fest, dass das sonographisch ermittelte Volumen am Tier höhere Werte aufwies, als das durch die Wasserverdrängungsmethode bestimmte Volumen.

Die in der Humanmedizin gebräuchliche Ellipsoidformel mit dem Faktor  $\pi/6$  (entspricht 0,523) zur Berechnung des Schilddrüsenvolumens unterschätzte - wie sich in dieser Untersuchung gezeigt hat - das Schilddrüsenvolumen des Kalbes eindeutig, so dass die Berechnung eines Korrekturfaktors speziell für Kälber notwendig wurde. Auch KURZKE (2001) und SCHMIDT (1998) stellten in ihren Arbeiten fest, dass die Ellipsoidformel unter Verwendung des Faktors  $\pi/6$  das Schilddrüsenvolumen von Katze und Hund nicht hinreichend genau beschreibt. So leiteten KURZKE (2001) für die Katze und SCHMIDT (1998) für den Hund jeweils einen spezifischen Korrekturfaktor zur Volumenberechnung her.

Die Berechnung des relativen Schilddrüsenvolumens ist vor allem dann sinnvoll, wenn große Variationen der Körpermasse zu erwarten sind, was insbesondere bei verschiedenen Hunderassen der Fall ist, wie man bei REESE (2002) sehen konnte. Da allerdings die Gewichtsunterschiede von Kälbern bis zu einem Alter von 3 Monaten nicht so hoch sind wie bei verschiedenen Hunderassen, spielt die Berechnung des relativen Schilddrüsenvolumens bei Kälbern eher eine untergeordnete Rolle. Die hier berechneten absoluten Schilddrüsenvolumina von Fleckvieh Kälbern könnten als Grundlage dienen, um Aussagen über das Vorhandensein einer thyreoidalen Erkrankung bei dieser Rasse zu machen.

KURZKE (2001) zeigte, dass bei Katzen bis zu einem Lebensjahr das relative Schilddrüsenvolumen signifikant höher ist als bei adulten Tieren. In Bezug auf das absolute Schilddrüsenvolumen stellte KURZKE (2001) ebenfalls keinen Zusammenhang zum Alter fest. Ebenso verzeichnete SCHMIDT (1998) beim Hund eine Verringerung des Schilddrüsenvolumens mit zunehmendem Alter, wobei die Tiere dazu in verschiedene Gewichtsgruppen unterteilt wurden. Desweiteren wies REESE (2002) für Hunde eine Reduktion des relativen auf die metabolische Körpermasse bezogenen Schilddrüsenvolumens mit steigendem Alter nach (kovariable Körpermasse). Bei Hunden mit einer Körpermasse bis 20 kg war diese Abhängigkeit sehr gering und bei Hunden über 20 kg Lebendmasse war der Zusammenhang stärker ausgeprägt (REESE, 2002). Bei Katzen war ein stärkerer Einfluss des Alters auf das Schilddrüsenvolumen zu verzeichnen (REESE, 2002). REESE (2002) konnte eine deutliche Abnahme des absoluten Schilddrüsenvolumens mit steigendem Alter zeigen. Dagegen belegte DORST (2001) bei Pferden keinen Zusammenhang zwischen absoluten und relativen Schilddrüsenvolumen im Verhältnis zum Alter.

Dabei ist zu beachten, dass SCHMIDT (1998) Hunde und KURZKE (2001) Katzen mit einem medianen Alter von 15 Jahren (KURZKE, 2001) und sieben Jahren (SCHMIDT, 1998) untersuchten und damit die Komponente „Alter“ aus einem anderen Blickwinkel betrachtet werden muss. Die von DORST (2001) untersuchten Pferde bewegten sich in einer Altersspanne von sechs bis 20 Jahren. Außerdem muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die genannten Studien immer adulte Tiere als Probanden und keine Tiere im Wachstum einschließen, wie es in der vorliegenden Arbeit der Fall ist. Hier wurden verhältnismäßig junge Tiere, die



sehr unterschiedliche Geburtsgewichte haben konnten, in einem schmalen Altersfenster untersucht.

Auch SCHMIDT (1998) zeigte beim Hund, dass das absolute Schilddrüsenvolumen mit dem Körpergewicht zunahm und sich das relative Schilddrüsenvolumen bezogen auf steigendes Körpergewicht verringerte. Außerdem stellte REESE (2002) eine positive Korrelation zwischen absolutem Schilddrüsenvolumen und Körpermasse fest: Je schwerer die Hunde, desto höher das Schilddrüsenvolumen. Das Verhältnis veränderte sich umgekehrt, wenn man das relative Schilddrüsenvolumen betrachtete (REESE, 2002). KURZKE (2001) leitete nur bei schweren Katzen (> 5 kg) einen Zusammenhang zwischen absoluten Schilddrüsenvolumen und Körpergewicht ab. Bezogen auf das relative Schilddrüsenvolumen registrierte KURZKE (2001) mit steigender Körpermasse einen Abfall des relativen Schilddrüsenvolumens. Bei sehr schweren Katzen (> 5 kg) konnte keine statistisch signifikante Änderung des relativen Schilddrüsenvolumens mehr beobachtet werden (KURZKE, 2001). REESE (2002) konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen absoluten Schilddrüsenvolumen und der Körpermasse bei der Katze feststellen. Eine Abnahme des relativen Schilddrüsenvolumens mit steigender Körpermasse der Katze wurde von REESE (2002) zwar wahrgenommen, aber auf das unterschiedliche Alter der untersuchten Tiere zurückgeführt.

DORST (2001) gab mit steigender Körpermasse ein steigendes absolutes Schilddrüsenvolumen der Pferde an, wobei sich das relative Schilddrüsenvolumen hinsichtlich der Körpermasse und der Pferderasse nicht signifikant unterschied. In ihrer Studie untersuchte DORST (2001) Kaltblutpferde, Warmblutpferde und Haflinger. Im Gegensatz zum relativen Volumen, das rassespezifisch beim Pferd kaum variierte, unterschied sich das absolute Schilddrüsenvolumen zwischen den unterschiedlichen Pferderassen (DORST, 2001). DORST (2001) verzeichnete einen Anstieg des absoluten Schilddrüsenvolumens von Haflinger über Warmblutpferde zu Kaltblutpferden. Diese Unterschiede hängen vermutlich weniger mit der untersuchten Rasse, sondern mit den Unterschieden in der Körpermasse zusammen. Im Gegensatz dazu konnte in dieser Arbeit kein Unterschied zwischen Schilddrüsenvolumen und der Rasse der untersuchten Kälber gezeigt werden.

Dabei sind zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen: Zum einen weisen Pferderassen enorme Unterschiede in der Körpermasse auf, die bei Kälbern im Wachstum der untersuchten Rassen nicht so erheblich sind. Zum anderen muss daran gedacht

werden, dass in der vorliegenden Arbeit vorwiegend Tiere der Rasse Fleckvieh untersucht wurden und somit nur Aussagen bezüglich der Rasse Fleckvieh möglich sind.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch REESE (2002), der in seiner Studie vorwiegend Hunde der Rasse Beagle betrachtete. Der Vergleich von absoluten und relativen Schilddrüsenvolumen mit den Werten von anderen Hunderassen ähnlicher Gewichtsklasse ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede (REESE, 2002).

Wie in der durchgeführten Studie konnte auch SCHMIDT (1998) sowohl für das absolute als auch für das relative Schilddrüsenvolumen bei Hunden keinen Unterschied hinsichtlich des Geschlechtes feststellen, während REESE (2002) beim Hund bezogen auf das metabolische Körpergewicht nur geringe und nicht signifikante Unterschiede zwischen Schilddrüsenvolumen und Geschlecht zeigte. KURZKE (2001) dagegen konnte bei der Katze weder für das relative noch für das absolute Schilddrüsenvolumen bezüglich des Geschlechts einen Zusammenhang finden. Bei kastrierten Katzen stellte sie eine tendenzielle, allerdings statistisch nicht signifikante Verkleinerung des relativen Schilddrüsenvolumens fest (KURZKE, 2001). Auch REESE (2002) gab einen Trend der Verkleinerung des Schilddrüsenvolumens bei kastrierten Katzen an. Allerdings wies REESE (2002) daraufhin, dass der Unterschied wohl durch das wesentlich höhere Lebensalter der kastrierten Tiere hervorgerufen wurde und somit eher zurückhaltend bewertet werden sollte.

Beim Studium der zugänglichen Literatur zeigte sich, dass es verschiedene Faktoren gibt, welche die Schilddrüsenhormonkonzentration beeinflussen können. Vor allem das Alter der Kälber scheint eine wesentliche Rolle zu spielen (DAVICCO et al., 1982; STEINHARDT et al., 1995; BERRY, 2005). Dies muss bei der Einordnung in den Referenzbereich und bei der Beurteilung der  $T_4$ -Konzentrationen der untersuchten Probanden berücksichtigt werden. DAVICCO et al. (1982) haben in ihrer Studie  $T_4$ -Konzentrationen bei Kälbern der Rassen Charolais, Salers und Holstein-Friesian in einem Zeitraum bis 30 Tage post natum untersucht. Dabei stellte sich bei Kälbern der Rasse Charolais ein Abfall der  $T_4$ -Konzentration mit

zunehmendem Alter heraus. Bei Salers-Kälbern und Holstein-Friesian-Kälbern wurde post natum von den Autoren ein Anstieg der T<sub>4</sub>-Konzentration und anschließend ein Abfall beobachtet. Andere Studien haben die Schilddrüsenhormonkonzentrationen direkt nach der Geburt untersucht (GRÜNBERG et al., 1998; TAKAHASHI et al., 2001) und beobachteten, dass die Schilddrüsenhormone direkt nach der Geburt anstiegen, im Laufe der ersten Lebensmonate dann aber abfielen und sich schließlich den Serumhormonkonzentrationen der adulten Tiere annäherten (GRÜNBERG et al., 1998; TAKAHASHI et al., 2001; BERRY, 2005). STEINHARDT et al. (1995; 1996) untersuchten die Schilddrüsenhormonkonzentration innerhalb der ersten 48 Lebensstunden und stellten fest, dass die höchsten T<sub>4</sub>-Konzentrationen innerhalb der ersten 24 Lebensstunden auftraten. Außerdem zeigten DAVICCO et al. (1982), dass sich die Verläufe der Schilddrüsenhormonkonzentration je nach Rasse unterscheiden. Die Salers-Kälber lagen zu allen Untersuchungszeiträumen mit ihren T<sub>4</sub>-Konzentrationen über denen der Charolais-Kälber. Die von DAVICCO et al. (1982) untersuchten Holstein-Friesian-Kälber wiesen ähnliche Hormonkonzentrationen wie die Salers-Kälber auf. Insofern müsste auch die Rasse hinsichtlich der Einordnung der Daten in den Referenzbereich berücksichtigt werden. In der vorliegenden Studie wurden zum größten Teil Kälber der Rasse Fleckvieh untersucht und es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Rasse Fleckvieh und den Kälbern der „sonstigen Rassen“ hinsichtlich der T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum der untersuchten Tiere. In der zugänglichen Literatur werden allerdings zumeist die Blutwerte von Holstein-Friesian-Kälbern (DAVICCO et al., 1982; STEINHARDT et al., 1995; STEINHARDT et al., 1996; GRÜNBERG et al., 1998; BERRY, 2005; STEINHARDT & THIELSCHER, 2005, 2009), Charolais-Kälbern (DAVICCO et al., 1982), Salers-Kälbern (DAVICCO et al., 1982) und Braunvieh-Kälbern (BERRY, 2005) betrachtet, so dass die Einordnung der Blutwerte der untersuchten Fleckvieh-Kälber schwer fällt. Durch die Bestimmung der T<sub>4</sub>-Konzentrationen von Fleckvieh-Kälbern in der vorliegenden Arbeit kann ein Anhaltspunkt für Fleckvieh-Kälber gewonnen werden und als Orientierungspunkt für folgende Arbeiten herangezogen werden.

Die Beobachtungen hinsichtlich der T<sub>4</sub>-Konzentration und der Körpermasse, die in der vorliegenden Untersuchung gemacht wurden, decken sich mit denen von STEINHARDT & THIELSCHER (2005), die ebenfalls keine sichere Korrelation

zwischen Körpermasse des Kalbes und Schilddrüsenhormonkonzentrationen aufzeigen konnten. DAVICCO et al. (1982) wiesen dagegen eine positive lineare Beziehung zwischen  $T_4$ -Konzentration zum Zeitpunkt der Geburt und Geburtsgewicht bei Salers-Kälbern und Charolais-Kälbern nach, die sie allerdings für die Holstein-Friesian-Kälber nicht zeigen konnten (DAVICCO et al., 1982). Diese Gegebenheit wird wohl mit der unterschiedlichen Körperlebensmasse zum Zeitpunkt der Geburt dieser Rinderrassen zusammenhängen.

Die Feststellungen von STEINHARDT et al. (1995; 1996), dass weibliche Kälber signifikant höhere Schilddrüsenhormonkonzentrationen als männlichen Kälbern zeigten, entspricht den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit. Dieser Unterschied ist anscheinend auf das höhere Schilddrüsengewicht von weiblichen Tieren zurückzuführen (NICKEL et al., 1992; STEINHARDT et al., 1992).

Alle euthanasierten Tiere zeigten signifikant niedrigere  $T_4$ -Konzentrationen als die lebenden Tiere mit Entlassungsstatus „geheilt“. Das Phänomen, dass kranke Tiere niedriger  $T_4$ -Konzentrationen zeigen, als gesunde Tiere wird im Bereich der Kleintiermedizin als das sogenannte „Euthyroid Sick Syndrome“ beschrieben (NELSON, 2006). Schwere Grunderkrankungen führen zu niedrigeren  $T_4$ -Konzentrationen (MC IVER & GORMAN, 1997), was auch als prognostischer Faktor genutzt werden kann (MC IVER & GORMAN, 1997; KANTROWITZ et al., 2001): Je niedriger die Schilddrüsenhormonkonzentrationen bei nicht-schilddrüsenbedingten Erkrankungen, desto schlechter die Prognose für die Grunderkrankung. Dies gibt Anlass, über weiterführende Studien nachzudenken, um auch im Bereich der Rindermedizin die  $T_4$ -Konzentration im Serum als prognostischen Faktor etablieren zu können

### 3 Schlussbetrachtung

Durch die vorliegende Arbeit wurden erstmals Referenzwerte für die sonographischen Abmessungsdimensionen und das Volumen der Schilddrüse beim Fleckvieh-Kalb ermittelt. Damit wurde die Grundlage für die sonographische Größenbeurteilung der Schilddrüse beim Kalb geschaffen.

Anhand von sonographischen Untersuchungen der Schilddrüse ist es nun möglich, das tatsächliche Schilddrüsenvolumen zu berechnen und in Bezug zur Körpermasse zu beurteilen. Dabei können die in dieser Studie ermittelten Referenzwerte für Kälber der Rasse Fleckvieh als Orientierung genutzt werden. Für die Erstellung von Volumenreferenzwerten wären weiterführende Untersuchungen an einer größeren und besser als „klinisch unauffällig“ definierten Population notwendig.

Außerdem wurden in dieser Arbeit  $T_4$ -Konzentrationen im Serum von Fleckvieh Kälbern bestimmt, die für weitere Untersuchungen als Orientierungspunkt dienen können. Im Rahmen dieser Studie hat sich herausgestellt, dass sich die  $T_4$ -Konzentrationen von kranken Tieren von den  $T_4$ -Konzentrationen gesunder Kälber unterscheiden.

## VI ZUSAMMENFASSUNG

Hypothyreoidismus und Struma werden nicht nur beim Menschen infolge von Jodmangel beobachtet, sondern auch bei verschiedenen Tierarten - darunter auch das Rind. Obwohl zur Diagnosestellung Referenzwerte der Schilddrüsendimension von Bedeutung sind, wurden diese bisher in der Rindermedizin noch nicht ermittelt.

Ziel der vorliegenden Studie war es, Grundlagen für die sonographische Vermessung der Schilddrüse von Kälbern zu erarbeiten, eine Beziehung zwischen sonographisch bestimmtem und tatsächlichem Volumen der Schilddrüsenlappen zu berechnen, Orientierungswerte für das Schilddrüsenvolumen klinisch unauffälliger Kälber zu ermitteln und den Einfluss von Körpermasse, Alter, Rasse und Geschlecht zu untersuchen. Außerdem sollten die T<sub>4</sub>-Konzentration der Probanden untersucht werden.

In die Untersuchung wurden 40 lebende und 43 tote Probanden im Alter von  $\leq 3$  Monaten der Rassen Deutsches Fleckvieh ( $n = 72$ ), Deutsches Schwarzbuntes Rind ( $n = 5$ ) und 6 Tiere anderer Rassen einbezogen. Bei allen Probanden wurde am Tag der Entlassung aus der Klinik bzw. am Tag der Euthanasie eine Sonographie der Schilddrüse durchgeführt. Es wurden die Dimensionen Länge (parallel zur Halsachse als kranio-kaudale Ausdehnung), Breite (senkrecht zur Halsachse als latero-mediale Ausdehnung) und Höhe (senkrecht zur Halsachse als ventro-dorsale Ausdehnung) jedes Schilddrüsenlappens bestimmt. Der komplette Messvorgang wurde bei jedem Probanden fünf Mal wiederholt. Bei euthanasierten Tieren wurde die Schilddrüse freipräpariert, mittels Schieblehre die Dimensionen vermessen und das Volumen durch die Wasserverdrängungsmethode ermittelt. Bei allen Probanden wurde Blut entnommen und T<sub>4</sub>-Konzentration im Serum bestimmt.

Aus den wiederholten Sonographiemessungen konnten folgende Variationskoeffizienten (Vk) für die Beschreibung der Präzision der unterschiedlichen Dimensionen ermittelt werden: Vk rechts Länge: 3,04 %, Vk links Länge: 3,97 %, Vk rechts Breite: 7,26 %, Vk links Breite: 7,34 %, Vk rechts Höhe: 3,89 % und Vk links Höhe: 3,21 %. Die Dimensionsmessungen ergaben für den rechten Schild-

drüsenlappen (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung):  $L_S$ :  $30,14 \pm 2,96$  mm,  $B_S$ :  $9,74 \pm 1,48$  mm und für  $H_S$ :  $22,11 \pm 2,47$  mm, für den linken Lappen:  $L_S$ :  $30,10 \pm 3,60$  mm,  $B_S$ :  $10,35 \pm 1,71$  mm und  $H_S$ :  $21,99 \pm 2,73$  mm.

Zwischen Sonographie- und Schieblehremessungen (euthanasierte Tiere) ergaben sich folgende Korrelationskoeffizienten: rechter Lappen:  $r_L = 0,80$ ,  $r_B = 0,10$ ,  $r_H = 0,79$ , linker Lappen:  $r_L = 0,59$ ,  $r_B = 0,19$ ,  $r_H = 0,62$ .

Zwischen mittels Wasserverdrängungsmethode bestimmten Volumen und aus den Sonographiemessungen ermittelten Werten konnte folgende Regressionsgleichung aufgestellt werden:

$$V_W [\text{ml}] = 0,632 \times [(L_S \times B_S \times H_S)_{\text{rechter Lappen}} + (L_S \times B_S \times H_S)_{\text{linker Lappen}}]$$

(L: Länge = kranio-kaudale Ausdehnung, B: Breite = latero-mediale Ausdehnung, H: Höhe = ventro-dorsale Ausdehnung).

Zwischen dem sonographisch ermittelten absoluten Volumen und den Faktoren Alter, Geschlecht und Rasse bestand kein signifikanter Zusammenhang ( $p > 0,05$ ), während zwischen dem sonographisch ermittelten Volumen ( $V_{\text{Sono}}$ ) und der Körpermasse (KM) eine lineare Beziehung ( $V_{\text{Sono}} [\text{ml}] = 4,397 + 0,071 \times \text{KM} [\text{kg}]$ ) berechnet werden konnte.

Der Mittelwert der  $T_4$ -Konzentrationen betrug  $81,4$  nmol/l mit einer Standardabweichung von  $33,4$  nmol/l. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen lebenden Tieren mit Entlassungsstatus „geheilt“ und euthanasierten Probanden hinsichtlich der  $T_4$ -Konzentrationen. Die euthanasierten Kälber hatten niedrigere  $T_4$ -Konzentrationen ( $64,9$  nmol/l  $\pm$   $57,3$  nmol/l) als die mit Entlassungsstatus „geheilt“ ( $99,2$  nmol/l  $\pm$   $24,6$  nmol/l mit  $p \leq 0,001$ ). Männliche Tiere zeigten signifikant niedrigere  $T_4$ -Konzentrationen ( $90,2$  nmol/l) als weibliche Kälber ( $103,0$  nmol/l mit  $p = 0,019$ ).

Die vorliegende Arbeit beschreibt als erste Studie Orientierungswerte für die Vermessung und Volumenbestimmung der Schilddrüse mittels Sonographie bei Kälbern.

## VII SUMMARY

Hypothyroidism and struma are caused by a dietary iodine deficiency not only in humans but in many animal species including cattle. Although reference values for thyroid gland dimensions are necessary for the definite diagnosis of this disease, they have not been established adequately in cattle so far.

The objectives of the study were to establish the basics of the ultrasonographic measurement of the thyroid gland in calves and to calculate a relationship between the true thyroid gland volume and the measured volume by ultrasonography. The volume of the thyroid gland in healthy calves and the influence of bodyweight, age, breed and gender as well as serum T<sub>4</sub> concentrations were investigated.

A total of 40 healthy and 43 euthanized calves under the age of three months were enrolled in the study. The dominant breed was German Simmental (n = 72), five calves were Holstein Friesians and the remaining six were of different breeds.

A standardized ultrasonographic examination of the thyroid gland was performed on all calves on the day of discharge from the clinic (healthy group) or on the day of euthanasia (euthanized group). The measurements included the dimensions length (L<sub>US</sub>) (cranio-caudal extent of the gland parallel to the axis of the neck), width (W<sub>US</sub>) (latero-medial extent of the gland perpendicular to the axis of the neck) and height (H<sub>US</sub>) (ventro-dorsal extent of the gland perpendicular to the axis of the neck). All three measurements were repeated five times. In the euthanized group the thyroid was dissected and its dimensions measured in situ with the aid of a calliper. After careful removal, the gland's volume was determined by water displacement. Serum samples were taken from all calves enrolled in order to obtain individual serum T<sub>4</sub> values.

The dimensions measured for the right lobe were: L<sub>US</sub>: 30.14 mm (SD ± 2.96 mm), W<sub>US</sub>: 9.74 mm (SD ± 1.48 mm) and for H<sub>US</sub>: 22.11 mm (SD ± 2.47 mm). For the left lobe the following dimensions were measured: L<sub>US</sub>: 30.10 mm (SD ± 3.60 mm), W<sub>US</sub>: 10.35 mm (SD ± 1.71 mm) and for H<sub>US</sub>: 21.99 mm (SD ± 2.73 mm).

The coefficient of variation (CV) of the repeated measurements for each dimension evaluated by ultrasonographic examination was calculated and was: 3.04 %,



7.26 % and 3.89 % for length, width and height of the right lobe, respectively, and 3.97 %, 7.34 % and 3.21 % for length, width and height of the left lobe.

The coefficient of correlation between ultrasonographic measurements and the measurements of calliper were:  $r_L = 0.80$ ;  $r_w = 0.10$ ;  $r_H = 0.79$  (right lobe) and  $r_L = 0.59$ ;  $r_w = 0.19$ ;  $r_H = 0.62$  (left lobe).

Linear regression analysis based on determination of volume by water displacement ( $V_w$ ) and ultrasonographic measurements led to the following equation:

$$V_w \text{ [ml]} = 0.632 \times [(L_{US} \times W_{US} \times H_{US})_{\text{left lobe}} + (L_{US} \times W_{US} \times H_{US})_{\text{right lobe}}]$$

(L: length = cranio-caudal extent, W: width = latero-medial extent, H: height = ventro-dorsal extent).

There was no significant influence of age, gender or breed on the ultrasonographic measurements ( $p > 0.05$ ), while there was a linear relationship between body weight and thyroid gland volume (measured by ultrasonography;  $V_{US}$ ):  $V_{US} \text{ [ml]} = 4.937 + 0.071 \times BW \text{ [kg]}$ .

The mean of all  $T_4$  values was 81.4 nmol/l (SD  $\pm$  33.4 nmol/l). The euthanized group had significantly lower  $T_4$  values compared to the healthy group (64.9 nmol/l [SD  $\pm$  57.3 nmol/l] versus 99.2 nmol/l [SD  $\pm$  24.6 nmol/l];  $p \leq 0.001$ ). Male calves had significantly lower  $T_4$  values (90.2 nmol/l) than female calves (130.0 nmol/l,  $p = 0.019$ ).

To our knowledge, this is the first study describing values for the measurement and the volume determination by ultrasonography for the thyroid gland in calves.

## VIII LITERATURVERZEICHNIS

### **Barraclough BM, Barraclough BH (2000)**

Ultrasound of the thyroid and parathyroid glands.

World J Surg; 24 (2): 158-65.

### **Berry CN (2005)**

Untersuchung von Blutparametern bei Jungrindern der Rassen Deutsche Holsteins und Deutsches Braunvieh.

Hannover, Universität Hannover, Tierärztliche Hochschule Dissertation.

### **Bischof P (2004)**

Update endocrinology: Thyroid sonography.

Praxis (Bern 1994); 93 (17): 695-700.

### **Bortz J (2005)**

Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler.

Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 6. Auflage. 882.

### **Brander A, Viikinkoski P, Tuuhea J, Voutilainen L, Kivisaari L (1992)**

Clinical versus ultrasound examination of the thyroid gland in common clinical practice.

J Clin Ultrasound; 20: 37-42.

**Braun B, Blank W (2006)**

Sonographie der Schilddrüse und Nebenschilddrüsen.

Der Internist; 47 (7): 729-48.

**Braun U, Föhn J, Pusterla N (1994)**

Ultrasonographic examination of the ventral neck region in cows.

Am J Vet Res; 55 (1): 14-21.

**Brömel C, Pollard RE, Kass PH, Samii VF, Davidson AP, Nelson RW (2005)**

Ultrasonographic evaluation of the thyroid gland in healthy, hypothyroid, and euthyroid Golden Retrievers with nonthyroidal illness.

J Vet Intern Med; 19 (4): 499-506.

**Brömel C, Pollard RE, Kass PH, Samii VF, Davidson AP, Nelson RW (2006)**

Comparison of ultrasonographic characteristics of the thyroid gland in healthy small-, medium-, and large-breed dogs.

Am J Vet Res; 67 (1): 70-7.

**Brunn J, Block U, Ruf G, Bos I, Kunze WP, Scriba PC (1981)**

Volumetrie der Schilddrüsenlappen mittels Real-time-Sonographie.

Dtsch. med. Wschr.; 106 (41): 1338-40.

**Cartee RE, Bodner STF, Gray BW (1993)**

Ultrasound examination of the feline thyroid.

J Diagnostic Med Sonography; 9 (6): 323-6.

**Chanoine JP, Toppet V, Lagasse R, Spehl M, Delange F (1991)**

Determination of thyroid volume by ultrasound from the neonatal period to late adolescence.

Eur J Pediatr; 150 (6): 395-9.

**Davicco MJ, Vigouroux E, Dardillat C, Barlet JP (1982)**

Thyroxine, triiodothyronine and iodide in different breeds of newborn calves.

Reprod Nutr Dev; 22 (2): 355-62.

**Dietrich CF, Schneider JG (2006)**

Schilddrüse.

In: Ultraschall-Kurs. Dietrich CF (Hrsg.)

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 5. Auflage. 259-73.

**Dorst A (2001)**

Sonographie der Glandula thyreoidea und der Vena jugularis externa bei Hengsten der Rassen Bayerisches Warmblutpferd, Süddeutsches Kaltblutpferd und Haflinger.

München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.

**Gille U, Cerny H (2008)**

Endokrine Drüsen, Glandulae endocrinae.

In: Anatomie für die Tiermedizin. Salomon FV, Geyer H, Gille U (Hrsg.)

Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage. 622-32.

**Gómez JM, Maravall FJ, Gómez N, Gumà A, Soler J (2000)**

Determinants of thyroid volume as measured by ultrasonography in healthy adults randomly selected.

Clin Endocrinol; 53 (5): 629-34.

**Groppel B, Körber R (1985)**

Jodversorgung und Jodbedarf der Wiederkäuer und Schweine. Fortschritte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwissenschaft.

Akadem. D. Landwirt.-Wissensch. der DDR; 23: 52.

**Grünberg W, Steinhardt M, Rath D, Niemann H (1998)**

Schilddrüsenhormone bei Saugkälbern der Rasse Alte Deutsche Schwarzbunte und Holstein Friesian.

Tierärztl Prax; 26 (G): 318-25.

**Hulse R, Wolf R, Fischer J, Gamm H, Hahn K (1972)**

Determination of organ volume by scintigraphy and ultrasonics.

Proceedings of the Symposium on Medical Radioisotope Scintigraphy Monte Carlo: 124.

**Kantrowitz LB, Peterson ME, Melián C, Nichols R (2001)**

Serum total thyroxine, total triiodothyronine, free thyroxine, and thyrotropin concentrations in dogs with nonthyroidal disease.

JAVMA; 219 (6): 765-9.

**König HE, Liebich HG (2002)**

Endokrine Drüsen.

In: Anatomie der Haussäugetiere Band II. König HE, Liebich HG (Hrsg.)

Schattauer Verlag, Stuttgart, 2. Auflage. 277-86.

**Kraft W (2005)**

Maßeinheiten.

In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Kraft W, Dürr UM (Hrsg.)

Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 6. 7-9.

**Kurzke E (2001)**

Morphologische Grundlagen der Schilddrüsenultraschallsonographie bei der Katze.

München, Universität München, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.

**Lutz H (2007)**

Hals.

In: Ultraschallfibel Innere Medizin. Lutz H (Hrsg.)

Springer Verlag, Heidelberg, 3. Auflage. 51-88.

**Lyshchik A, Drozd V, Schloegl S, Reiners C (2004)**

Three-dimensional ultrasonography for volume measurement of thyroid nodules in children.

J Ultrasound Med; 23: 247-54.

**Mc Iver B, Gorman CA (1997)**

Euthyroid Sick Syndrome: An Overview.

Thyroid; 7 (1): 125-32.

**Meinecke B (2000)**

Endokrinologie.

In: Physiologie der Haustiere. Engelhardt Wv, Breves G (Hrsg.)

Enke Verlag, Stuttgart, 1. Auflage. 490-571.

**Nelson RW (2006)**

Endokrinopathien.

In: Innere Medizin der Kleintiere. Nelson RW, Couto CG (Hrsg.)

Urban Fischer Verlag, München, Jena, 1. Auflage. 703-872.

**Ng E, Chen T, Lam R, Sin D, Ying M (2004)**

Three-dimensional ultrasound measurement of thyroid volume in asymptomatic male chinese.

Ultrasound Med & Biol; 30 (11): 1427-33.

**Nickel R, Schummer A, Seiferle E (1992)**

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV.

Paul Parey Verlag, Berlin, 3. Auflage. 501.

**Paulíková I, Seidel H, Nagy O, Tóthová CS, Kovác G (2010)**

Concentrations of thyroid hormones in various age categories of cattle and small ruminants.

Proceedings of XI th Middle European Buiatrics Congress Brno.

**Penzlin H (2005)**

Lehrbuch der Tierphysiologie.

Elsevier Verlag, München, 7. Auflage. 964.

**Radeleff B, Schneider B, Stegen P, Kauffmann GW (2006)**

Gerätekunde.

In: Radiologie. Kauffmann GW, Moser E, Sauer R (Hrsg.)

Urban & Fischer-Verlag, München, 3. Auflage. 96-132.

**Reese S (2002)**

Schilddrüsenonographie bei Hund und Katze - Eine angewandt anatomische Studie.

München, Universität München, Tierärztliche Fakultät, Habilitation.



**Reese S, Breyer U, Deeg C, Kraft W, Kaspers B (2005)**

Thyroid sonography as an effective tool to discriminate between euthyroid sick and hypothyroid dogs.

J Vet Intern Med; 19 (4): 491-8.

**Reimers CD, Kellner H (2004)**

Grundlagen und Voraussetzungen der Sonographie.

In: Sonographie der Muskeln, Sehnen und Nerven. Reimers CD, Gaulrapp H, Kele H (Hrsg.)

Deutscher Ärzteverlage, Köln, 2. Auflage. 1-18.

**Reschke K, Lehnert H (2001)**

Sonographie der Schilddrüse und des endokrinen Systems.

In: Sonographie für Chirurgen. Mantke R, Peitz U (Hrsg.)

Thieme Verlag, Stuttgart, 1. Auflage. 191-216.

**Schlemmer I, Reese S, Ebert U, Metzner M (2008)**

Jodmangel als Bestandsproblem in einem ökologisch geführten Milchviehbetrieb.

Tierärztl Prax; 36 (G): 179-84.

**Schmidt B (1998)**

Sonographische Volumenbestimmung der Schilddrüse beim Hund.

München, Universität München, Tierärztliche Fakultät, Dissertation.

**Schmidt G (2002)**

Schilddrüse.

In: Sonographische Differenzialdiagnosen. Schmidt G (Hrsg.)

Thieme Verlag, Stuttgart, 1. Auflage. 433-62.

**Schmidt G (2008)**

Sonographie der Schilddrüse.

In: Kursbuch Ultraschall. Schmidt G, Görg C (Hrsg.)

Thieme Verlag, Stuttgart, 5. Auflage. 241-53.

**Sinowatz F (1998)**

Verdauungskanal und Anhangsorgane.

In: Lehrbuch der Embryologie der Haustiere. Rüsse I, Sinowatz F (Hrsg.)

Paul Parey Verlag, Berlin, 2. Auflage. 338-67.

**Sinowatz F (2000)**

Endokrine Organe.

In: Histologie. Hees H, Sinowatz F (Hrsg.)

Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 3. Auflage. 428-54.

**Steinhardt M, Bünger U, Langanke M, Fiebig U, Gollnast I (1992)**

Geburtsmassen und Maße einiger Körperteile totgeborender Kälber einer großen Milchrindherde.

Dtsch. tierärztl. Wschr.; 99 (11): 454-8.

**Steinhardt M, Thielscher HH, von Horn T, von Horn R, Smidt D (1995)**

Schilddrüsenhormone bei schnittentbundenen Saugkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen - Maternofetale Beziehungen und frühe postnatale Adaptionsreaktionen.

Dtsch. tierärztl. Wschr.; 102 (11): 430-4.

**Steinhardt M, Thielscher HH, von Horn T, von Horn R, Ermgassen K, Smidt D (1996)**

Schilddrüsenhormone bei Milchrindkälbern nach der Geburt und in den ersten Lebenstagen. Variationsbreite, maternofetale Beziehungen und individualspezifische Reaktionsformen.

Dtsch. tierärztl. Wschr.; 103 (4): 136-41.

**Steinhardt M, Thielscher HH (2005)**

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

Arch. Tierz. Dummerstorf; 48 (3): 247-60.

**Steinhardt M, Thielscher HH (2009)**

Schilddrüsenhormone und Plasmacortisol bei Holstein Friesian Färsen nach Zwillingssträchtigkeiten und ihren neugeborenen Kälbern.

Tierärztl Umschau; 64: 115-20.

**Stöber M (1990)**

Kennzeichen, Anamnese, Grundregeln der Untersuchungstechnik, Allgemeine Untersuchung.

In: Gustav Rosenberger. Die klinische Untersuchung des Rindes. Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (Hrsg.)

Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 3. Auflage. 75-141.

**Stöber M (2006)**

Krankheiten der Unterhaut.

In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (Hrsg.)

Paul Parey Verlag, Stuttgart, 5. Auflage. 96-113.

**Szebeni Á, Beleznay É (1992)**

New simple method for thyroid volume determination by ultrasonography.

J Clin Ultrasound; 20 (5): 329-37.

**Taeymans O, Duchateau L, Schreurs E, Kramer M, Daminet S, Saunders JH (2005)**

Intra- and interobserver variability of ultrasonographic measurements of the thyroid gland in healthy Beagles.

Vet Radiol Ultrasound; 46 (2): 139-42.

**Taeymans O, Daminet S, Duchateau L, Saunders JH (2007a)**

Pre- and post-treatment ultrasonography in hypothyroid dogs.

Vet Radiol Ultrasound; 48 (3): 262-9.

**Taeymans O, Peremans K, Saunders JH (2007b)**

Thyroid imaging in the dog: current status and future directions.

J Vet Intern Med; 21 (4): 673-84.

**Takahashi K, Takahashi E, Ducusin RJT, Tanabe S, Uzuka Y, Sarashina T (2001)**

Changes in serum thyroid hormone levels in newborn calves as a diagnostic index of endemic goiter.

J Vet Med Sci; 63 (2): 175-8.

**Voigt K (2003)**

Endokrines System.

In: Lehrbuch der Physiologie. Klinke R, Silbernagl S (Hrsg.)

Thieme Verlag, Stuttgart, 4. Auflage. 443-92.

**Weigold B, Banholzer P (1994)**

Schilddrüse.

In: Sonographische Diagnostik. Kremer H, Dobrinski W (Hrsg.)

Urban & Schwarzenberg Verlag, München, Wien, Baltimore, 4. Auflage. 283-300.

**Wisner ER, Mattoon JS, Nyland TG, Baker TW (1991)**

Normal ultrasonographic anatomy of the canine neck.

Veterinary Radiology; 32 (4): 185-90.

**Wisner ER, Nyland TG, Mattoon JS (1994a)**

Ultrasonographic examination of cervical masses in the dog and cat.

Veterinary Radiology & Ultrasound; 35 (4): 310-5.

**Wisner ER, Théon AP, Nyland TG, Hornof WJ (1994b)**

Ultrasonographic examination of the thyroid gland of hyperthyroid cats: comparison to  $^{99m}\text{TcO}_4$ -scintigraphy.

Veterinary Radiology & Ultrasound; 35 (1): 53-8.

**Wisner ER, Nyland TG (1998)**

Ultrasonography of the thyroid and parathyroid glands.

Vet Clin North Am Small Anim Pract; 28 (4): 973-91.

**Ying M, Sin MH, Pang SF (2005)**

Sonographic measurement of thyroid gland volume: A comparison of 2D and 3D ultrasound.

Radiography; 11 (4): 242-8.

## IX ANHANG

### 1 Untersuchungsprotokoll

Datum der USG

Klinik Nr.

lebend

tot

Krankheitsstatus (Diagnosen)

Geschlecht

Rasse

Alter in Tagen

Geburtsdatum

Aktuelles Tagesgewicht

Blutprobe asserviert

ja

nein

Rechter Schilddrüsenlappen

Dimension	1	2	3	4	5
Länge					
Breite					
Höhe					

Linker Schilddrüsenlappen

Dimension	1	2	3	4	5
Länge					
Breite					
Höhe					

Bei toten Tieren:

Messung mit der Schieblehre

Volumen im Wasserbad

	Rechts	Links
Länge		
Breite		
Höhe		



## 2 Tabellen

**Tabelle 7: Zusammenfassung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen aus Sonographie und Schieblehre mit Korrelationskoeffizienten und Signifikanzen**

Dimension	MW <sub>Sono</sub> [mm] n = 83 Tiere	STABW <sub>Sono</sub> [mm] n = 83 Tiere	MW <sub>SL</sub> [mm] n = 43 Tiere	STABW <sub>SL</sub> [mm] n = 43 Tiere	r n = 43 Tiere	p n = 43 Tiere
Rechts Länge	30,14	2,96	30,41	3,35	0,80	< 0,001
Links Länge	30,10	3,60	30,60	4,22	0,59	< 0,001
Rechts Höhe	22,11	2,47	22,99	3,00	0,79	< 0,001
Links Höhe	21,99	2,73	22,58	2,87	0,62	< 0,001
Rechts Breite	9,74	1,48	6,12	1,12	0,10	0,532
Links Breite	10,35	1,71	5,97	0,91	0,19	0,234

**Tabelle 8: Zusammenhang zwischen Schilddrüsenvolumen und verschiedenen Faktoren (n = 76)**

Dimension	r $V_{\text{Sono}}$	p $V_{\text{Sono}}$	r $V_{\text{Sono relativ}}$	p $V_{\text{Sono relativ}}$
Alter	0,213	0,176	- 0,512	0,001
Körpermasse	0,475	0,001	- 0,545	0,001
Rasse	./.	0,272	./.	0,420
Geschlecht	./.	0,547	./.	0,233
lebend vs. euthanasiert	./.	0,007	./.	0,324

**Tabelle 9: Zusammenhang zwischen  $T_4$ -Konzentrationen und verschiedenen Faktoren (n = 40)**

Dimension	r	p
Alter	0,121	0,457
Körpermasse	0,144	0,376
Rasse	./.	0,002
Geschlecht	./.	0,019
$V_{\text{Sono}}$	0,155	0,353
$V_{\text{Sono relativ}}$	0,114	0,495

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Davico et al. (1982)	Charolais (n = 7)	0 h	13,8 ± 2,7	177,6 ± 34,7	keine
		12 h	13,6 ± 2,3	175,0 ± 29,6	
		24 h	9,3 ± 1,3	119,6 ± 16,7	
		72 h	9,3 ± 1,3	119,6 ± 16,7	
		5 d	6,1 ± 1,0	78,5 ± 12,8	
		7 d	6,0 ± 1,5	77,2 ± 19,3	
		10 d	4,6 ± 0,9	59,2 ± 11,5	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Davicco et al. (1982)	Charolais	12 d	6,5 ± 1,0	83,6 ± 12,8	keine
		15 d	6,2 ± 0,9	79,7 ± 11,5	
		17 d	5,9 ± 0,8	75,9 ± 10,2	
		20 d	5,0 ± 1,2	64,3 ± 15,4	
		30 d	4,5 ± 1,2	57,9 ± 15,4	
Davicco et al. (1982)	Salers (n = 7)	0 h	15,1 ± 2,1	194,3 ± 27,0	
		12 h	17,5 ± 0,5	225,2 ± 6,4	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Davicco et al. (1982)	Salers	24 h	15,2 ± 1,8	195,6 ± 23,1	keine
		72 h	12,0 ± 1,8	154,4 ± 23,1	
		5 d	9,2 ± 1,3	118,4 ± 16,7	
		7 d	7,4 ± 0,7	95,2 ± 9,0	
		10 d	6,9 ± 1,3	88,8 ± 16,7	
		12 d	6,7 ± 1,8	86,2 ± 23,1	
		15 d	8,1 ± 1,8	104,2 ± 23,1	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Davicco et al. (1982)	Salers	17 d	8,6 ± 1,0	110,6 ± 12,8	keine
		20 d	5,4 ± 1,4	69,4 ± 18,0	
		30 d	7,2 ± 0,5	92,6 ± 6,4	
Davicco et al. (1982)	Holstein Friesian (n = 17)	0 h	14,7 ± 1,0	189,1 ± 12,8	
		6 h	18,2 ± 2,0	234,2 ± 25,7	
		24 h	13,5 ± 0,9	173,7 ± 11,5	
		7 d	7,2 ± 0,8	92,6 ± 10,2	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Davicco et al. (1982)	Holstein Friesian	30 d	7,3 ± 0,4	93,9 ± 5,1	keine
Groppel & Körber (1985)	Keine Angabe (n:./.)	3 – 4 Wochen	3,4 – 7,0	45 – 90	keine
		8 10 Wochen	2,3 – 6,2	30 – 80	
		6 Monate	2,3 – 2,7	30 – 35	
Steinhardt et al. (1995)	Dt. Schwarzbunt	0 h	10,83 – 23,57	139,38 – 303,34	alle Kälber aus Sectio caesarea
	Rotbunt (n=9)				
		24 h	15,28 – 27,98	196,65 – 360,10	
		48 h	12,44 – 28,04	160,10 – 360,87	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Steinhardt et al. (1996)	Holstein Friesian, Dt. Schwarzbunt, Rotbunt (n = 108)	0 h	5,05 – 23,77	65,12 – 305,92	Hohe individuelle Variationsbreite
		24 h	7,56 – 30,02	97,30 – 386,36	
Grünberg et al. (1998)	Holstein Friesian Dt. Schwarzbunt (n = 52)	0 h	16,02 ± 5,08	206,17 ± 65,37	
		24 h	22,56 ± 5,29	290,34 ± 68,08	
		48 h	17,22 ± 3,49	221,62 ± 44,91	
		30 d	10,92 ± 2,28	140,54 ± 29,34	
		60 d	10,04 ± 2,02	129,21 ± 25,99	



Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Grünberg et al. (1998)	Holstein Dt. Schwarzbunt	90 d	9,26 ± 2,05	119,17 ± 26,38	
Takahashi et al. (2001)	Holstein Friesian (n = 6)	0 h	18	231	
		1 d	22	283	
		3 d	17	218	
		5 d	11	141	
		7 d	10	128	
		2 Wochen	10	128	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Takahashi et al. (2001)	Holstein Friesian	3 Wochen	9	115	
		4 Wochen	8	102	
		2 Monate	8	102	
Berry (2005)	Deutsch Holsteins (n = 11)	2 – 4 Monate	6,16	79,27	
		5 – 8 Monate	5,29	68,08	
		9 – 12 Monate	7,06	90,86	
		13 – 16 Monate	7,06	90,86	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Berry (2005)	Deutsch Holsteins	17 – 20 Monate	5,62	72,33	
		21 – 24 Monate	5,19	66,79	
Berry (2005)	Deutsch Braunvieh (n = 9)	2 – 4 Monate	4,85	62,41	
		5 – 8 Monate	3,91	51,09	
		9 – 12 Monate	5,60	72,07	
		13 – 16 Monate	5,76	74,13	
		17 – 20 Monate	5,30	68,21	

Tabelle 10: T<sub>4</sub>-Konzentrationen im Serum bei Kälbern

Autor	Rasse	Zeitpunkt der Untersuchung p. n.	T <sub>4</sub> [µg/dl]	T <sub>4</sub> [nmol/l]	Bemerkung
Berry (2005)	Deutsch Braunvieh	21 – 24 Monate	4,98	64,09	
Pauliková et al. (2010)	Keine Angabe (n = 63)	Keine Angabe	8,1 ± 2,78	104,24 ± 35,7	

## X DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. W. Klee nicht nur für die Möglichkeit der Anfertigung dieser Dissertation an der Klinik für Wiederkäuer sehr herzlich danken, sondern auch für die lehrreiche und interessante Zeit.

Herrn Dr. M. Metzner danke ich für die Betreuung der Arbeit. Sein kreativer Input und seine konstruktive Kritik haben entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Bei Herrn PD Dr. S. Reese möchte ich mich für die Unterstützung bei den ersten sonographischen Untersuchungen der Schilddrüse, der freundlichen Beantwortung von Fragen, der Präparation der Schilddrüse mit den umliegenden Strukturen und der Anfertigung des Gefrierschnittes bedanken.

Frau Dr. C. Sauter-Louis bin ich zu großem Dank verpflichtet für ihre Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Frau I. Hartmann, Frau M. Altmann, Frau C. Beyer und Frau B. Garner danke für ihre Unterstützung bei den anfallenden Laborarbeiten.

Desweiteren danke ich allen den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Klinik für Wiederkäuer, die mich während der Promotionszeit unterstützt und gefördert haben.

Meinen Mitdoktoranden und Mitdoktorandinnen danke ich für ihre Unterstützung während der Durchführung des praktischen Versuchsteils. Insbesondere danke ich Maria für ihre Hilfe bei allerlei Computerproblemen.

Ein ganz großes Dankeschön geht an Eva nicht nur für das Durchsehen des Manuskriptes, sondern auch für ihre wunderbare Art mich zu motivieren, die vielen lustigen Stunden und die daraus entstandene Freundschaft. Danke Eva, dass du immer an mich glaubst und meine Fähigkeiten schätzt!

Meinen Kollegen, die mittlerweile zu Freunden geworden sind, möchte ich auf diesem Wege herzlichen Dank für die schöne Zeit sagen:

Nina danke ich für alle Dinge, die wir gemeinsam gemeistert haben und vor allem für ihre Hilfe bei den Ultraschalluntersuchungen: Nina, du bist einfach die weltbeste Kälberflüstererin!

Matti danke ich für das „Einnorden“, die Beantwortung aller Fragen von A bis Z, die ich mir schon immer gestellt hatte, die Bearbeitung der Bilder und die Einführung in die Kunst der klinischen Untersuchung.

Bei Sabine möchte ich mich für die Hilfe beim Erstellen der Summary und ihre unglaublich erfrischende Art, Dinge zu betrachten, bedanken.

Britti danke ich für die schönen gemeinsamen Erlebnisse und dafür, dass sie immer ein offenes Ohr für mich hat.

An Niggi und Julia geht ein großes Dankeschön für die abwechslungsreichen Bestandsbesuche in Bockhorn.

Arizona danke ich für ihre Zuneigung und ihre stets sehr beruhigende Art, die mich in jeder Situation aufgemuntert hat: Ein Blick auf meine wiederkauende Arizona und schon sind alle Sorgen vergessen!

Für ihre Freundschaft und die Unterstützung in jeglicher Art und Weise bin ich Barbara, Karin, Tanja und Caro sehr dankbar. Ich bin sehr glücklich jede einzelne Person von euch kennengelernt zu haben und danke euch dafür, dass ihr für mich in jeder Lebenslage da seid. Danke!

Außerdem geht ein ganz großes Dankeschön an all jene Menschen, die es immer wieder schaffen mir ein Lächeln auf die Lippen zu zaubern.

Meinem Vater danke ich für die liebevolle und immerwährende Unterstützung in allem, was ich mache. Du bist der beste Papa der Welt: Danke für deine Liebe und Fürsorge!