

Aus der Klinik für Kleintiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**Sonographische Untersuchung und Dickenmessung des
weichen Gaumens beim Hund**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Claudia Köhler
aus Halle a. d. Saale

Leipzig, 2014

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. med. vet. Manfred Coenen

Betreuer: Prof. Dr. med. vet. Gerhard Oechtering

Gutachter: Prof. Dr. med. vet. Dr. h.c. Martin Kramer
Klinikum Veterinärmedizin
Klinik für Kleintiere
Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dr. med. vet. Gerhard Oechtering
Klinik für Kleintiere
Veterinärmedizinische Fakultät
Universität Leipzig

Tag der Verteidigung: 20.05.2014

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 EINLEITUNG | 1 |
| 2 LITERATURÜBERSICHT | 3 |
| 2.1 Der weiche Gaumen des normozephalen Hundes | 3 |
| 2.1.1 Anatomie und Histologie | 3 |
| 2.1.2 Physiologische Bedeutung | 4 |
| 2.2 Bildgebende Diagnostik des Oropharynx | 6 |
| 2.2.1 Röntgenuntersuchung | 6 |
| 2.2.2 Computer- und Magnetresonanztomographie | 7 |
| 2.2.3 Sonographie | 8 |
| 2.3 Das Brachyzephele Atemnotsyndrom | 10 |
| 2.3.1 Ätiologie und Pathogenese | 10 |
| 2.3.2 Die Hyperplasie des weichen Gaumens | 12 |
| 2.3.3 Pathohistologie des hyperplastischen weichen Gaumens | 13 |
| 2.3.4 Diagnostik der Hyperplasie des weichen Gaumens | 14 |
| 2.3.5 Therapie der Hyperplasie des weichen Gaumens | 15 |
| 3 PUBLIKATIONEN | 16 |
| 3.1 Sonographische Untersuchung des weichen Gaumens beim Hund | 16 |
| 3.2 Sonographische Messung der Gaumensegeldicke beim Hund im Vergleich zur computertomographischen Messung | 27 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 4 DISKUSSION | 36 |
| 4.1 Diskussion der Methodik | 36 |
| 4.2 Diskussion der Ergebnisse | 45 |
| 5 ZUSAMMENFASSUNG | 55 |
| 6 SUMMARY | 57 |
| 7 LITERATURVERZEICHNIS | |
| ANHANG | |
| Tabellen | I |

1 Einleitung

Im klinischen Alltag begegnen dem Tierarzt zunehmend brachyzepale Hunderasse, deren Beliebtheit unter den Tierhaltern in den letzten Jahren stark gewachsen ist (OECHTERING 2010, STURZENBERGER 2011). Eine übertriebene Zuchtauslese auf unnatürliche Kurzköpfigkeit führt zu einer Reihe von anatomischen Fehlbildungen, die in der Folge zur Einengung und Verlegung der oberen Atemwege sowie zu einer eingeschränkten Temperaturregulation führen (ARON und CROWE 1985, LORINSON et al. 1997, OECHTERING 2010). Abhängig davon, in welcher Lokalisation und mit welcher Ausprägung die Missbildungen auftreten, leiden die betroffenen Tiere unter milden bis schweren Formen von Atemnot und Belastungsintoleranz (BIRCHARD 2001, TORREZ und HUNT 2006, ROEDLER et al. 2013).

Als eine der häufigsten Anomalien der oberen Atemwege des brachyzepalen Hundes gilt die Verlängerung und Dickenzunahme des weichen Gaumens (FARQUHARSON und SMITH 1942, HENDRICKS et al. 1987, LORINSON et al. 1997, FINDJI und DUPRÉ 2008, GRAND und BUREAU 2011). Die Einengung und Verlegung der oberen Atemwege durch hyperplastisches Weichteilgewebe und die beeinträchtigte nasale Ventilation infolge der verkleinerten Nasenhöhle führen zu lebensgefährlichen Atemfunktionsstörungen, die als „Brachyzepales Atemnotsyndrom“ bezeichnet werden (ARON und CROWE 1985, OECHTERING 2010).

Der Nachweis einer Gaumensegelhyperplasie erfolgt in der Regel durch diagnostische Verfahren wie Laryngoskopie, Endoskopie, Computertomographie (CT) (GRAND und BUREAU 2011) oder Magnetresonanztomographie (MRT) (HAYES et al. 2010), die eine Allgemeinanästhesie des Patienten erfordern. Alternativ dazu wird nach Methoden gesucht, die eine nichtinvasive Diagnostik am wachen Patienten ermöglichen. Die Sonographie birgt die Vorteile eines schnellen Bildgebungsverfahrens, das einen hervorragenden Weichteilkontrast bietet und in der Regel keine Narkose des Patienten erfordert (YANG et al. 1997, KRISTENSEN 2011). In der Humanmedizin wird die Sonographie des Oropharynx vor allem für dynamische Schluckstudien (WEBER et al. 1986, EPSTEIN und STONE 2005, JACOBS et al. 2007) und zur Abgrenzung von Weichteilstrukturen im Rahmen der Tumordiagnostik (MENDE et al. 2002) eingesetzt. Studien zeigen zudem, dass die sonographische

Untersuchung und Vermessung von Zunge und oropharyngalem, hyperplastischem Gewebe zur Diagnostik des Obstruktiven Schlafapnoesyndroms (OSAS) des Menschen herangezogen wird (KRISTENSEN 2011). Bis auf die in dieser kumulativen Arbeit veröffentlichten Untersuchungen existieren keine veterinärmedizinischen Studien zur sonographischen Darstellung der Morphologie des weichen Gaumens. Die bisherigen veterinärmedizinischen Studien zur Sonographie des Oropharynx beschränkten sich auf sonographische Darstellungen von Maulhöhlenboden und Zunge (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998). Für den Einsatz der Sonographie zur Diagnostik von Gaumensegelpathologien mangelt es bislang an Grundlagenuntersuchungen zur sonographischen Anatomie des Organs.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die sonographische Darstellung und Dickenmessung des weichen Gaumens beim normozephalen Hund mit entsprechender Beschreibung der physiologischen sonographischen Anatomie. Unter Berücksichtigung der Morphologie und Binnenstruktur des Organs sowie der relevanten angrenzenden Strukturen, werden die Möglichkeiten und Grenzen der Sonographie zur Darstellung des weichen Gaumens am Tierkörper beurteilt. Die Ermittlung einer nichtinvasiven Methode zur objektiven Einschätzung der Gaumensegeldicke, die bislang überwiegend via CT-Untersuchung erfolgte, ist von erheblichem Interesse. In den vorliegenden Publikationen wird mithilfe des Vergleichs der Messmethoden Sonographie und CT untersucht, inwiefern mit den genannten Verfahren vergleichbare Ergebnisse bei der Dickenmessung des weichen Gaumens am normozephalen Hund erzielt werden. Die Entwicklung und Evaluierung eines sonographischen Verfahrens zur Messung der Gaumensegeldicke beim Hund bietet die Aussicht, im Gegensatz zu den gegenwärtig eingesetzten Verfahren, eine schnelle, nichtinvasive und kostengünstige Einschätzung der Gaumensegeldicke am wachen Patienten zu erzielen. Folgende Hypothesen werden für den normozephalen Hund aufgestellt:

- 1) Die transkutane Schallkopfaufgabe bei geschlossenem Fang ermöglicht eine vollständige sonographische Darstellung des weichen Gaumens beim Hund.
- 2) Mithilfe der Sonographie kann die Dicke des weichen Gaumens beim Hund gemessen werden.
- 3) Die Messungen der Gaumensegeldicke am narkotisierten Hund via CT und Sonographie führen zu übereinstimmenden Messergebnissen.

2 Literaturübersicht

2.1 Der weiche Gaumen des normozephalen Hundes

2.1.1 Anatomie und Histologie

Der auch als Gaumensegel (lat. *Velum palatinum*) bezeichnete weiche Gaumen ragt als Schleimhautfalte vom Choanenrand der Gaumenbeine kaudoventral in den Rachen hinein (Abbildung 1). Die Grenze zwischen dem harten und weichen Gaumen liegt kaudal der letzten oberen Molaren. Der kaudale freie Rand befindet sich nahe der Epiglottisspitze. Der weiche Gaumen unterteilt den Rachen in eine dorsale Etage – den Nasen- oder Atmungsrauchen – und in eine ventrale Etage – den Schlingrauchen. Der Schlingrauchen wird nochmals in den Mund-, Keh- und Schlundrauchen unterteilt. Das Gaumensegel stellt dabei die dorsale Begrenzung des Mundrachens dar. Der *Arcus palatopharyngeus* verbindet als Schleimhautfalte das kaudolaterale Ende des weichen Gaumens mit der Kaudalwand des Pharynx. Der *Arcus palatoglossus* stellt die Verbindung zwischen Gaumensegel und Zungengrund dar (NICKEL et al. 1960, BUDRAS und FRICKE 1991).

Histologisch besteht der weiche Gaumen aus einer prominenten zentralen Muskel-Bindegewebsschicht, umgeben von einer dicken Schicht oraler und nasaler Drüsen und bedeckt durch nasopharyngale bzw. orale Mukosa. Zentral befindet sich die Gaumenaponeurose, eine longitudinale Bindegewebsschicht, die prominente venöse und arterielle Blutgefäße im dickeren lateralen Anteil enthält und nach kaudal in der Dicke abnimmt. Die Muskulatur besteht zum einen aus dem longitudinal verlaufenden *M. palatinus*. Dieser paarige Muskel entspringt dem Choanenrand, strahlt fächerförmig aus und kontrolliert Form und Position des weichen Gaumens. Dorsal der palatinalen Aponeurose verlaufen die schrägen und dicken Muskelfasern des *M. levator veli palatini* als Heber des Gaumensegels (NICKEL et al. 1960, SALOMON et al. 2005, ARRIGHI et al. 2011). Der Spanner des Gaumensegels, der *M. tensor veli palatini* strahlt von lateral in das Gaumensegel ein. Ebenfalls lateral der *Mm. palatini* sind kleine Muskelfaserbündel im kaudalen Gaumensegelanteil nachweisbar, die den Enden des *M. palatopharyngeus* zuzuordnen sind (ARRIGHI et al. 2011). Dorsal und ventral der Muskelschicht sind speichelproduzierende Drüsen zu finden,

die die Feuchtigkeit der palatinalen Mukosa sichern und diese vor Läsionen bei der Passage von Futterbestandteilen schützen. Es sind dorsal mehr seröse Drüsen zu finden, die flüssigere und weniger protektive Speichelflüssigkeit im Vergleich zu den oralwärts lokalisierten Drüsen produzieren (ARRIGHI et al. 2011). Auf der ventralen Fläche des Gaumensegels befindet sich zudem diffuses lymphoretikuläres Gewebe und einzelne Lymphknötchen (NICKEL et al. 1960). Die Innervation des Gaumensegels erfolgt durch den *Plexus pharyngeus* mit Fasern aus dem *N. glossopharyngeus*, *N. vagus* und sympathische Fasern des *Ganglion cervicale craniale* (SALOMON et al. 2005).

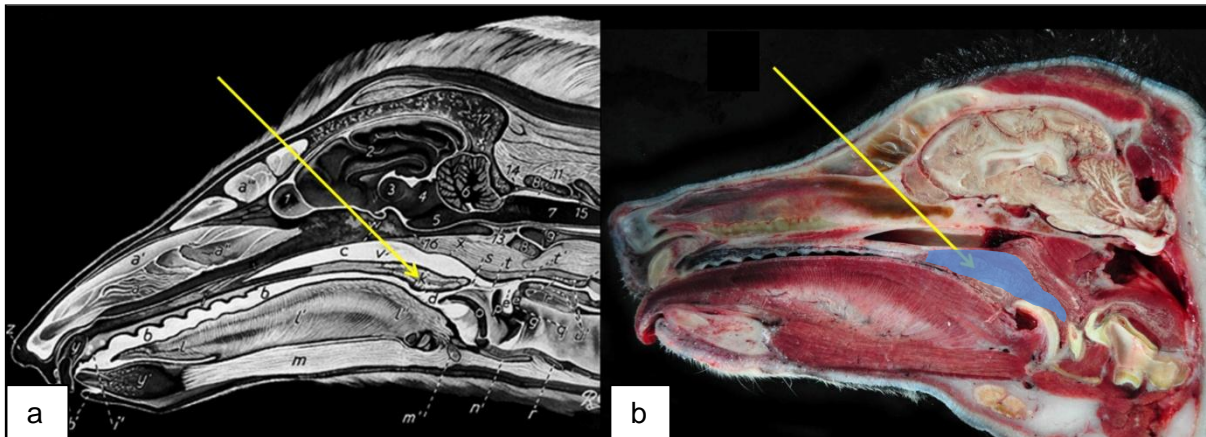


Abbildung 1: Anatomische Darstellung des weichen Gaumens (gelber Pfeil, blau markiert) im Sagittalschnitt, (a) anatomische Zeichnung (Quelle: NICKEL et al. 1999), (b) Sektionsbild (Quelle: Institut für Veterinär-Pathologie der Universität Leipzig).

2.1.2 Physiologische Bedeutung

Der weiche Gaumen wird als eine Hauptstrukturkomponente bei der Atmung, dem Schlucken und der Stimmbildung angesehen (BIEWENER et al. 1985, KURIMOTO 1989, AMIS et al. 1996, KOGO et al. 1997, KOGO et al. 2003). Physiologischerweise berührt beim mesozephalen Hund die Dorsalwand des Gaumensegels die Ventralwand der Epiglottisspitze und ermöglicht damit die Separation von nasalem und oralem Luftweg. Während der Hund in Ruhe ausschließlich durch die Nase atmet, nutzt er bei Anstrengung oder thermischer Belastung zusätzlich

auch den oralen Luftweg zur Respiration (GOLDBERG et al. 1981, BIEWENER et al. 1985, AMIS et al. 1996). Dabei kommt es zu einem funktionellen Zusammenspiel der Gaumensegel-Epiglottiseinheit (BIEWENER et al. 1985, KOGO et al. 2003). In experimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass eine Stimulation der Atmung durch Kohlendioxidadministration oder verstärkter äußerer Wärmeeinwirkung, zu einer Kontraktion des *M. palatinus* und *M. levator veli palatini* und damit zu einer Anhebung des weichen Gaumens führt. Dies ermöglicht die Öffnung des oralen Luftweges während der nasale Luftweg partiell verschlossen wird (BIEWENER et al. 1985, AMIS et al. 1996, KOGO et al. 1997). Zudem kommt es zu einer Kontraktion des *M. hyoepiglotticus*, so dass die Epiglottis unterhalb des Gaumensegels zu liegen kommt und damit die Öffnung des oralen Luftwegs unterstützt wird (AMIS et al. 1996).

Der *M. tensor veli palatini* und der *M. levator veli palatini* werden auch als akzessorische Atemmuskeln bezeichnet, die durch chemische Impulse unter hyperkapnischen und hypoxämischen Bedingungen aktiviert werden. Eine erhöhte Aktivität des *M. tensor veli palatini* ist vor allem in Inspiration, eine erhöhte Aktivität des *M. levator veli palatini* vor allem in Expiration messbar (KURIMOTO 1989, KOGO et al. 2003). In einer Untersuchung von AMIS et al. (1999) führte die Erhöhung des negativen Druckes in Hypopharynx, Larynx und Trachea zu einer vermehrten Aktivität des *M. tensor veli palatini* und *M. palatinus* im Elektromyogramm. Die Aktivierung der Muskeln erfolgt nach AMIS et al. (1999) dabei über die superioren laryngalen Nerven.

Die Hauptaufgabe des weichen Gaumens während des Schluckvorganges ist der Verschluss der Maulhöhle gegen den Nasopharynx und wird durch Anhebung des weichen Gaumens mit dichter Positionierung an die hintere Pharynxwand realisiert (BREVES 2010). KIM et al. (1989) unterstreichen in ihrer Untersuchung die Funktion des kaninen Gaumensegels im Rahmen des velopharyngalen Verschlusses bei der Stimmbildung. Dieser Verschluss ist eng gekoppelt an die Adduktion der Stimmbänder und wird durch die Anhebung des Gaumensegels an die posteriore pharyngale Wand ermöglicht. In der Studie von FITCH (2000) wurden diese experimentellen Ergebnisse in vivo per Fluoroskopie unter anderem für den Hund bestätigt. Zu Beginn und während der Vokalisation kann ein Absenken des Larynx mit daraus folgendem Kontaktverlust zwischen Gaumensegel und Epiglottis beobachtet werden.

Ein anschließendes Anheben des Gaumensegels führt daraufhin zum vollständigen Verschluss des Nasopharynx und verhindert damit höchstwahrscheinlich die Absorption der akustischen Energie in der Nasenhöhle (FITCH 2000).

2.2 Bildgebende Diagnostik des Oropharynx

Häufige Indikationen für den Einsatz von bildgebenden Verfahren im Bereich des Oropharynx sind oropharyngale Zubildungen, wobei die bildgebende Diagnostik in Ergänzung zur direkten Adspektion per Laryngoskopie bzw. Endoskopie erfolgt (TABOADA und HEDLUND 2002, VENKER-VAN HAAGEN 2005). Allgemeine Fragestellungen an die bildgebende Diagnostik des Oropharynx sind in der Regel Ursprung, Lokalisation und Ausdehnung einer Läsion, Involvierung benachbarter anatomischer Strukturen insbesondere knöcherner Strukturen und Beteiligung regionärer Lymphknoten (SMOKER und SCHUKNECHT 2012). Dabei ist die Wahl der zur Verfügung stehenden Modalität abhängig von den Vor- und Nachteilen der jeweiligen Methode und Art der vermuteten Erkrankung. Die Hauptdifferentialdiagnosen für oropharyngale Zubildungen sind Neoplasien, retropharyngale Abszesse, pharyngale Mukozelen, kongenitale Zysten und nasopharyngale Polypen (IRO 2000, TABOADA und HEDLUND 2002, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007). Desweiteren dienen bildgebende Verfahren zum Nachweis von hyperplastischem, oropharyngalem Gewebe und für Querschnittsmessungen der Luftwege bei humanen OSAS Patienten (SHEPARD et al. 1991, SCHWAB 1996, WELCH et al. 2002, LAUTERBACH 2010) und Hunden mit Brachycephalen Atemnotsyndrom (SCHOTLAND et al. 1996, OECHTERING et al. 2008, GRAND und BUREAU 2011).

2.2.1 Röntgenuntersuchung

Eine häufige Indikation für eine Röntgenuntersuchung des Hundepharynx ist die Suche nach einem pharyngalen Fremdkörper. Zum Ausschluss einer Dysphagie kommen Kontrastmittel im Rahmen der Videofluoroskopie zum Einsatz (VENKER-VAN HAAGEN 2005, POLLARD 2012). Beim Menschen können anhand der radiographischen Gaumensegelkontur Aussagen zur Physiologie des Schluck- und Sprechvorganges getroffen werden (RUBESIN et al. 1987, JONES 2006). Human-

medizinische kephalometrische Studien konnten zudem individuell verschiedene Gaumensegelformen nachweisen (PRAVEEN et al. 2011).

Beim brachyzephalen Hund sind anhand des laterolateralen Röntgenbildes des Pharynx Hinweise auf eine abnormale Länge, Dicke und Form des Gaumensegels zu erheben (COULSON und LEWIS 2002, DUPRÉ et al. 2013, MUHLBAUER und KNELLER 2013). Hauptlimitation stellt die – infolge des Summationsverfahrens unvermeidliche – Überlagerung der Zielstrukturen mit dem umgebenen Weichteil- und Knochengewebe dar (VENKER-VAN HAAGEN 2005, MUHLBAUER und KNELLER 2013).

2.2.2 Computer- und Magnetresonanztomographie

Die Schnittbildverfahren CT und MRT erlauben eine überlagerungsfreie Darstellung der oralen und pharyngalen anatomischen Strukturen (VENKER-VAN HAAGEN 2005). Die häufigste Indikation stellt die Abklärung von oropharyngalen Massen dar, deren Größe, Ursprung, Ausdehnung sowie Beteiligung benachbarter Strukturen zu beurteilen sind (KAFKA et al. 2004, SMOKER und SCHUKNECHT 2012). Die CT birgt den Vorteil, dass sie – zusätzlich zur Darstellung von Weichteilveränderungen – die Beurteilung von geringen Kortikalisläsionen und Kalzifizierungen bei einer vergleichsweise schnellen Untersuchungsdauer ermöglicht (KAFKA et al. 2004, GAVIN und HOLMES 2009).

Im Rahmen der Diagnostik des Obstruktiven Schlafapnoesyndroms (OSAS) des Menschen werden computertomographisch Querschnitte der Luftwege und Weichteilhyperplasien ermittelt und somit Querschnittsreduktionen infolge eines Kollaps der oberen Atemwege nachgewiesen (SHEPARD et al. 1991, SCHWAB et al. 1993, AVRAHAMI und ENGLENDER 1995, SCHWAB 1996, CABALLERO et al. 1998, CAHALI et al. 2004). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die oberen Luftwege und die umgebenen Weichteilgewebe während der Respiration nicht statisch sind, sondern respirationsbedingten Druckschwankungen unterliegen (SCHWAB et al. 1993, SCHWAB 1996, CABALLERO et al. 1998, WELCH et al. 2002). Dieser dynamische Aspekt muss auch bei MRT-Untersuchungen berücksichtigt werden. Die MRT ermöglicht aufgrund des besseren Weichteilkontrastes präzisere Aussagen hinsichtlich

Größe der Masse und Invasion angrenzender Strukturen im Vergleich zur CT. Da die MRT zu Bewegungsartefakten aufgrund langer Datenaquisitionszeiten neigt, ist deren Einsatz für die häufig dynamische, respiratorische Querschnittmessung beim Menschen limitiert (SHEPARD et al. 1991, ETTEMA et al. 2002, WELCH et al. 2002). Dennoch wird der Einsatz der MRT für die Quantifizierung der Weichteilgewebe im Sinne einer Volumenbestimmung des weichen Gaumens, der Zunge, der parapharyngalen Fettpolster und der lateralen Pharynxwand beim Menschen beschrieben (WELCH et al. 2002, LEE et al. 2010).

In der Tiermedizin werden die Schnittbildverfahren CT und MRT für die strukturelle Untersuchung der oberen Atemwege zunehmend eingesetzt (SCHOTLAND et al. 1996, OECHTERING et al. 2008, HAYES et al. 2010, GRAND und BUREAU 2011, LAURENSEN et al. 2011). Computertomographische Schnittbilder erlauben beispielsweise die Visualisierung der verschiedenen Engstellen im oberen Atemtrakt des brachycephalen Hundes (OECHTERING et al. 2008). Hyperplasien der Weichteile respektive des weichen Gaumens sind durch Messungen anhand sagittaler CT- oder MRT-Schnittbilder objektivierbar (HAYES et al. 2010, GRAND und BUREAU 2011). Für eine bessere Abgrenzbarkeit der Weichteilgewebe wird diesbezüglich die CT-Untersuchung bei geöffnetem Maul empfohlen (LAURENSEN et al. 2011). Die hauptsächlichen Nachteile der Schnittbildverfahren sind der hohe apparative Aufwand und die in der Tiermedizin erforderliche Allgemeinanästhesie des Patienten (SONNTAG und MIHALJEVIC 2009), die speziell beim respiratorisch insuffizienten Patienten mit Komplikationen behaftet sein kann (ALEF et al. 2007, RIECKES et al. 2007).

2.2.3 Sonographie

In der veterinärmedizinischen Literatur gibt es Untersuchungen zum Einsatz der Sonographie beim Hund zur Darstellung von Maulhöhlenboden (RUDORF 1997) und Larynx (RUDORF 1997, BRAY et al. 1998), sowie zur Diagnostik von Pathologien der Zunge wie Fremdkörper oder Neoplasien bei Hund und Pferd (KRAMER und GERWING 1996, SOLANO und PENNINCK 1996, PUSTERLA et al. 2006). Die Untersuchungen erfolgten in der Regel bei submentaler Schallkopfaufgabe, mit hochfrequenten Schallköpfen und an stehenden oder sitzenden Hunden (SOLANO und

PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998). Als anatomische Orientierungspunkte werden das linguale Parenchym, die linguale Arterie, der Übergang von hartem zu weichem Gaumen, der Unterkieferknochen, das Zungenbein insbesondere das Basihyoid und die sublinguale Muskulatur beschrieben (SOLANO und PENNINCK 1996).

Nach RUDORF (1997) gelingt die Differenzierung der sublingualen Maulhöhlenbodenmuskulatur, bestehend aus dem *M. mylohyoideus*, *M. geniohyoideus* und *M. genioglossus*, am besten im Sagittalschnitt mit Auflage des Schallkopfes auf der Medianen. Während der *M. mylohyoideus* und *M. geniohyoideus* als sonographisch hypoechogene, homogen gefleckte Muskeln beschrieben werden (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997), weist der *M. genioglossus* ein eher geschichtetes Aussehen im kaudalen Anteil auf und strahlt in die zungeneigenen Muskelfasern mit ein (RUDORF 1997, WISNER et al. 2002).

Das Zungenparenchym wird als homogenes Gewebe mittlerer Echogenität mit einer stark echogenen Grenzfläche zur Maulhöhle beschrieben (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007). Der Bereich dorsal zur Zungenwurzel wird als weniger gut definierte Region bezeichnet (SOLANO und PENNINCK 1996). Aussagen zur sonographischen Anatomie und Morphologie des Gaumensegels wurden in der genannten, zugänglichen Literatur nicht getroffen.

In der Humanmedizin wird die Sonographie des Oropharynx in der Phoniatrie, beispielsweise zur Diagnostik von Sprach- und Schluckstörungen eingesetzt (WEBER et al. 1986, YANG et al. 1997, EPSTEIN und STONE 2005). Die Schallkopfaufgabe erfolgt in der Regel ebenfalls submental zur Darstellung von Mundhöhlenboden und Zunge (SHAWKER et al. 1984, EPSTEIN und STONE 2005). Es sind ebenfalls schallkopfnaher Mundhöhlenbodenmuskeln, der in die Zungenbinnenmuskulatur einstrahlende *M. genioglossus* und eine reflexreiche Oropharynx-Zungengrenze nachweisbar (SHAWKER et al. 1984, IRO 2000). Es werden zudem im Koronarschnitt von lateral in die Zunge einstrahlende Muskeln (*M. hyoglossus* und *M. styloglossus*) beschrieben (SHAWKER et al. 1984).

Die Bewertung der Zungen- und Hyoidbewegungen in dynamischen sonographischen Untersuchungen ermöglichen Aussagen zu eventuellen Defiziten

der oralen motorischen Aktivität (SONIES et al. 1981, YANG et al. 1997, EPSTEIN und STONE 2005). Die sonographische Gaumenkontur wird für die Beurteilung der Zungenbewegungen herangezogen (EPSTEIN und STONE 2005). Eine detaillierte Beschreibung der sonographischen Anatomie des weichen Gaumens existiert jedoch auch in der humanmedizinischen Literatur nicht.

2.3 Das Brachyzepale Atemnotsyndrom

2.3.1 Ätiologie und Pathogenese

Mithilfe gezielter Zuchtselektionen hat der Mensch brachyzepale Hunderassen erschaffen, zu deren charakteristischem, phänotypischem Erscheinungsbild sagittal verkürzte Schädel mit Vorwölbung der Stirn, Exophthalmus und Maxillahypoplasie zählen (VENKER-VAN HAAGEN 2005, NÖLLER et al. 2008, OECHTERING 2010). Zu den brachyzepalen Rassen werden Mops, Bulldogge, Boxer, Pekinese, Chihuahua, Cavalier King Charles Spaniel und je nach Literatur teilweise auch der Norwich Terrier und Yorkshire Terrier gezählt (LORINSON et al. 1997, KOCH et al. 2003, ROSASPINA 2005, HUEBER 2009, WHITE 2010).

Die zuchtbedingte Verkürzung des Gesichtsschädels (Abbildung 2) ist Folge einer genetisch bedingten postnatalen Wachstumshemmung und resultiert in anatomischen Fehlbildungen (OECHTERING et al. 2007, NÖLLER et al. 2008, HUEBER 2009, OECHTERING 2010). Im Respirationstrakt äußern sich diese als Engstellen, unter anderem im Bereich der Nares, des Nasenvorhofs, der Nasenhöhle und des Nasenausgangs.

Durch die zuchtbedingte Verkürzung der Nase kommt es zu einer erheblichen Verkleinerung des Nasenhöhlenvolumens und zu einem Fehlwachstum der Nasenmuscheln, die in ihrem Wachstum kaum gemindert sind. Die häufig weniger verzweigten, aberrant wachsenden Nasenmuscheln und die häufig vorliegenden Septumdeviationen führen zu einer Stenosierung der rostralen Atemwege, die einen erhöhten intranasalen Widerstand zur Folge hat (OECHTERING et al. 2007, HUEBER 2009, OECHTERING 2010).

Auch die pharyngalen Weichteilstrukturen sind von der Wachstumshemmung unbeeinflusst, so dass ein Missverhältnis zwischen Maulhöhlenvolumen und intrapharyngalem Weichteilgewebe, vor allem des weichen Gaumens, der Tonsillen und der Zunge, entsteht (OECHTERING 2010).

Die benannten primären Engstellen führen in der Folge zu einer verstärkten Atemleistung der Tiere verbunden mit einem erhöhten negativen inspirativen Druck in Nasopharynx und Larynx. Die negative Druckerhöhung führt sekundär zusätzlich zu einer ödematösen Verdickung der pharyngalen Weichteile (HUEBER 2009, OECHTERING 2010, LODATO und HEDLUND 2012). Zudem wird das pharyngale Weichteilgewebe durch den erhöhten Unterdruck in das Lumen der Atemwege gezogen (ORSHER 1993, MONNET 2003, HENDRICKS 2004). Die von PICHETTO et al. (2011) beschriebenen histologischen Veränderungen, wie progressive Volumenzunahme, Veränderung der Konsistenz und des elastischen Widerstands des Gewebes in Kombination mit ausgeprägten Muskelläsionen, werden durch diesen Vorgang vermutlich ausgelöst und begünstigt. Die damit weiter zunehmende Stenosierung der Atemwege und der weiter erhöhte Unterdruck bei der Inspiration münden in einem Circulus vitiosus.

Der Ausprägungsgrad und die Kombination der anatomischen Veränderungen variieren bei den einzelnen Tieren. Das zusätzliche Auftreten von weiteren Anomalien wie Larynxhypoplasien, Stimmlippengranulomen, Trachealhypoplasien und Tracheal- sowie Bronchialkollaps wird beobachtet (HUEBER 2009).

Die Folgen der Einengung und Verlegung der oberen Atemwege sowie der eingeschränkten Temperaturregulation durch die beeinträchtigte nasale Ventilation sind akute Erstickungsanfälle sowie allgemeine Leistungsschwäche und Hitzestress und werden als „Brachyzephales Atemnotsyndrom“ bezeichnet (ARON und CROWE 1985, ROSASPINA 2005, TORREZ und HUNT 2006, OECHTERING et al. 2008, HUEBER 2009, OECHTERING 2010). Die betroffenen Tiere zeigen eine, nach Belastung und teilweise auch in Ruhe vorliegende, inspiratorische Dyspnoe, begleitet von ausgeprägten Atemgeräuschen (Stridor laryngealis, Stertor pharyngealis). In ausgeprägten Fällen wird von nächtlichen Apnoephasen und inverser Atmung berichtet (PETROF et al. 1994, HUEBER 2009).

Zur Diagnostik werden computertomographische und endoskopische Untersuchungen in Allgemeinanästhesie empfohlen (OECHTERING et al. 2007, HUEBER 2009). In Abhängigkeit vom individuellen Ausprägungsgrad bestehen folgende therapeutische Optionen: Erweiterung der Nares, Kürzung und Verkleinerung des Gaumensegels, Entfernung der Laryngozele, Tonsillektomie, partielle Laryngektomie sowie Laser Assistierte TurbinEktomie (LATE) (HUEBER 2009).

2.3.2 Die Hyperplasie des weichen Gaumens

Die Überlänge und Verdickung des weichen Gaumens (Abbildung 2) ist bei der Mehrzahl der Hunde, die an dem „Brachyzephalen Atemnotsyndrom“ leiden nachweisbar (FARQUHARSON und SMITH 1942, HENDRICKS et al. 1987, LORINSON et al. 1997, FINDJI und DUPRÉ 2008, OECHTERING 2010, WHITE 2010, GRAND und BUREAU 2011). Es ist davon auszugehen, dass die Hyperplasie des weichen Gaumens, neben der nasopharyngealen Obstruktion und der zudem meist vorliegenden Makroglossie, hauptsächlich für die Pathophysiologie der Atemwegsobstruktion verantwortlich ist (WHITE 2010, DUPRÉ et al. 2013). Laut einer Studie von GRAND und BUREAU (2011) korreliert das Ausmaß der Dickenzunahme mit dem Schweregrad der Atemnotsymptomatik. Häufig sind entsprechende Kompensationsmechanismen, wie eine vermehrte Streckung des Halses, um Nasopharynx und Larynx in die Länge zu ziehen oder vielfache Einnahme der Seitenlage bei den betroffenen Tieren zu beobachten (ROSASPINA 2005), so dass von einem enormen Leidensdruck der betroffenen Tiere auszugehen ist (OECHTERING 2010).

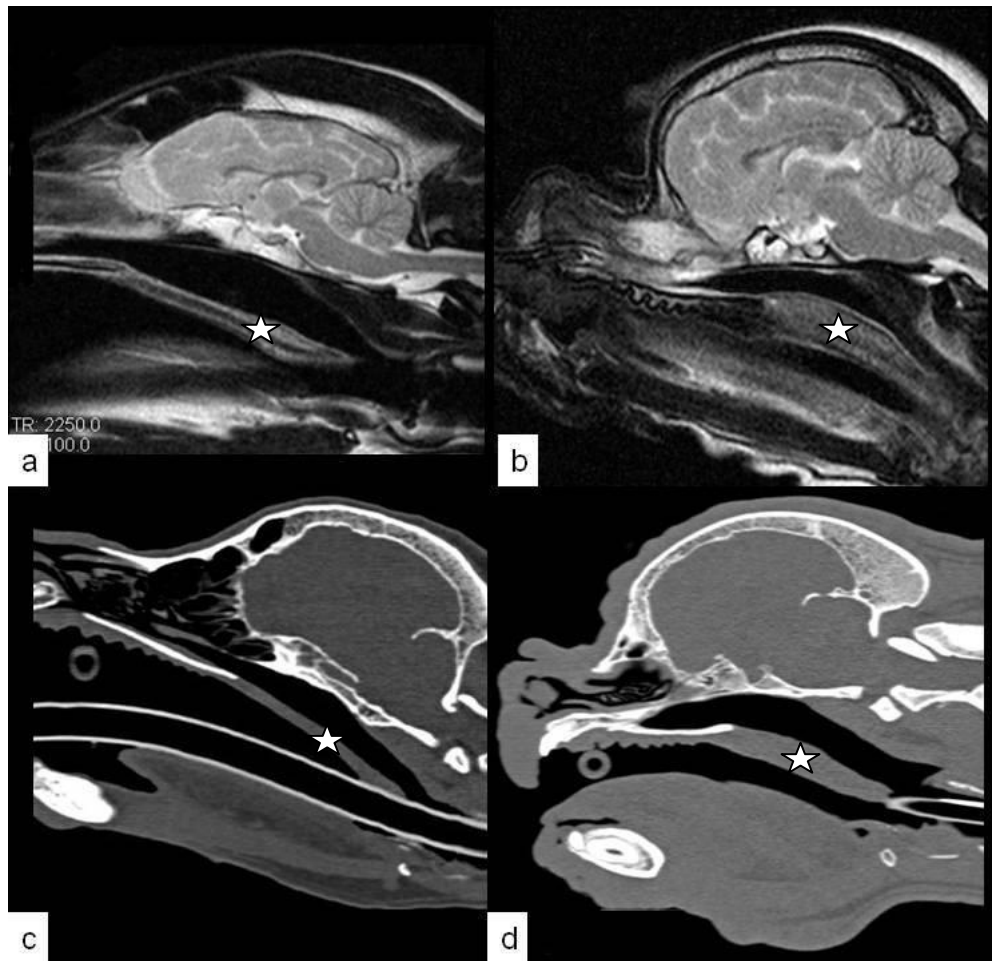


Abbildung 2: a,b MRT Bilder des Kopfes im Sagittalschnitt eines normozephalen Hundes (a) und eines brachyzephalen Hundes (b). c,d CT Bilder des Kopfes in der sagittalen Rekonstruktion eines normozephalen Hundes (c) und eines brachyzephalen Hundes (d). Das Gaumensegel (Stern) des brachyzephalen Hundes erscheint bereits subjektiv deutlich verdickt im Vergleich zum normozephalen Hund.

2.3.3 Pathohistologie des hyperplastischen weichen Gaumens

Der makroskopisch verdickte und irregulär geformte weiche Gaumen des brachyzephalen Hundes weist histologisch eine ausgeprägte Hyperplasie des superfiziellen Epithels auf. Diese mukosale Hyperplasie ist oralwärts ausgeprägter im Vergleich zur nasopharyngalen Seite. Die darunter liegenden Kollagenfasern in der *Lamina propria* sind irregulär angeordnet und durch Ödeme auseinander gezogen. Sowohl nasopharyngal- als auch oralwärts sind glanduläre Hyperplasien nachweisbar.

Die palatinale Aponeurose ist selten, und wenn, nur im ersten Gaumendrittel vorhanden. Zentral sind strukturell degenerierte Muskelfasern nachweisbar, wobei sowohl atrophe, hypertrophe als auch normale Muskelfasern anzutreffen sind. Dieses alternierende Erscheinungsbild spiegelt Regenerationsversuche des Gewebes wider. Es ist davon auszugehen, dass die Funktion des weichen Gaumens durch eine massive Dickenzunahme mit strukturellen Veränderungen der palatinalen Muskeln einer deutlichen Einschränkung unterliegt (PICHETTO et al. 2011).

2.3.4 Diagnostik der Hyperplasie des weichen Gaumens

Die zur Untersuchung des Oropharyngalraumes routinemäßig eingesetzte makroskopische und endoskopische Pharyngoskopie erlaubt die Sicht auf die Oberfläche des Organs. Zudem ist die Länge des Gaumensegels subjektiv beurteilbar (ROSASPINA 2005, FINDJI und DUPRÉ 2008). Idealerweise sollte der Kaudalrand des Gaumensegels die Epiglottis an der Spitze berühren (HENDRICKS et al. 1987, VENKER-VAN HAAGEN 2005). Abgesehen von der Begutachtung der Organoberfläche erlaubt die endoskopische Untersuchung nur sehr begrenzte Aussagen zur Morphologie und Dicke des weichen Gaumens.

Die Röntgenuntersuchung des Pharynx kann zur Einschätzung der Länge und Dicke des Gaumensegels beitragen (COULSON und LEWIS 2002, DUPRÉ et al. 2013, MUHLBAUER und KNELLER 2013). Die Aussagekraft der Ergebnisse der ohnehin überlagerungsbehafteten Röntgenaufnahmen sind dabei maßgeblich von der Kopf-Hals-Haltung und Lagerung des Patienten abhängig (VENKER-VAN HAAGEN 2005, MUHLBAUER und KNELLER 2013).

Unter Verwendung verschiedener Rekonstruktionsebenen (CT) bzw. Schnittebenen (MRT) ermöglichen die Schnittbildverfahren die überlagerungsfreie Beurteilung der Gaumensegelbinnenstruktur sowie eine objektive Vermessung der Organdicke (Abbildung 2) (HAYES et al. 2010, GRAND und BUREAU 2011). Neben dem hohen apparativen Aufwand haben diese Schnittbildverfahren gleichsinnig zur Endoskopie den Nachteil, dass sie eine Allgemeinanästhesie des Patienten erfordern (SONNTAG und MIHALJEVIC 2009).

2.3.5 Therapie der Hyperplasie des weichen Gaumens

Bei brachycephalen Hunden wird die Kürzung des kaudalen Anteils des überlangen Gaumensegels, die sogenannte Staphylektomie, als mittlerweile routinemäßig chirurgische Therapie eingesetzt (PONCET et al. 2006, BRDECKA et al. 2007, FINDJI und DUPRÉ 2008, DUPRÉ et al. 2013). Liegt zudem eine deutliche Dickenzunahme des weichen Gaumens vor, ist es sinnvoll neben der Kürzung auch eine Palatoplastik zur Volumenreduktion des Gaumensegels vorzunehmen (FINDJI und DUPRÉ 2008, DUPRÉ et al. 2013). Die von FINDJI und DUPRÉ (2008) entwickelte Faltenplastik (Folded Flap Palatoplasty) führt durch Exzision eines Teils der oropharyngealen Mukosa und Gaumensegelmuskulatur mit anschließender Faltung zu einer deutlichen Reduktion der Dicke. Eine Verbesserung der klinischen Symptomatik nach einer Palatoplastik wird bei etwa 85 % der betroffenen Tiere beobachtet (PONCET et al. 2006, FINDJI und DUPRÉ 2008).

Ähnliche, sogenannte Weichgaumenverfahren werden beim Menschen zur chirurgischen Therapie des primären Schnarchens eingesetzt. Darunter zählen die Uvulopalatopharyngoplastik (UPPP) in Kombination mit einer Tonsillektomie bei Vorliegen eines engen Velopharynx, die Laser-assistierte Uvulopalatoplastik (LAUP) bei Vorliegen eines schlaffen, dünnen Weichgaumens sowie die Uvulaflapmethode als modifizierte Variante (STUCK et al. 2002). Eine minimalinvasive Methode stellt die kontrollierte Radiofrequenztherapie (Somnoplastie) dar, bei der via niederfrequenter Radiowellen eine thermische Destruktion in der Submukosa unter Schonung der Schleimhaut erzeugt wird. Ziel ist eine Straffung des Gaumensegels durch die postoperativ eintretende Vernarbung (STUCK et al. 2002, THEISSING 2006). Die Langzeiterfolgsraten liegen für alle genannten Verfahren bei etwa 50 %, wobei die Radiofrequenztherapie im Unterschied zu den anderen Methoden wiederholt werden kann (STUCK et al. 2002).

3 Publikationen

3.1 Sonographische Untersuchung des weichen Gaumens beim Hund

Original Article E191

Sonografische Untersuchung des weichen Gaumens beim Hund

Sonographic Examination of the Soft Palate in Dogs

Autoren

C. Köhler, M. Alef, C. Niesterok, B. K. Bosch, G. Oechtering, I. Kiefer

Institut

Klinik für Kleintiere, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

Key words

- soft palate
- brachycephalia
- dog
- ultrasound
- head

Zusammenfassung

Ziel: Ziel dieser Studie war die Darstellung der physiologischen sonografischen Anatomie des weichen Gaumens beim Hund.

Material und Methode: Die sonografischen Untersuchungen wurden an sieben toten Hunden im submentalen Zugang, sowie durch intraorales Auflegen des Schallkopfes absolviert. Im Anschluss an die Nativuntersuchungen wurden die Untersuchungen im Wasserbad wiederholt und nachfolgend die schrittweise Präparation der einzelnen anatomischen Schichten von submental in Richtung des Gaumens mit jeweils einer angeschlossenen sonografischen Untersuchung nach jeder Schicht durchgeführt.

Ergebnisse: Die Differenzierung des Gaumens von den übrigen oropharyngealen Strukturen gelingt gut. Der Übergang von hartem zu weichem Gaumen, sowie der mittlere Abschnitt des weichen Gaumens konnte bei allen Tierkörpern bereits in der submentalen Nativuntersuchung zur Umgebung abgegrenzt werden. Die Darstellung des kaudalen Gaumensegelanteils und Aussagen zur Echogenität des Organs sind dagegen nur bedingt möglich. Bei den zwei untersuchten brachycephalen Tieren war die sonografische Abgrenzung des Gaumensegels zu den umliegenden Strukturen vergleichsweise schwierig.

Schlussfolgerungen: Die sonografische Untersuchung des Gaumens ließ sich in der vorliegenden Grundlagenstudie anhand von Tierkörpern verwirklichen. Über den submentalen Zugang ist eine Differenzierung der intraoralen Strukturen weitestgehend möglich. Aussagen hinsichtlich Gaumenlänge und -echotextur sind nur in begrenztem Maße möglich.

Abstract

Purpose: The aim of this study was to characterize the normal sonographic anatomy of the soft palate in dogs.

Materials and Methods: The study was performed on seven canine heads via a submental and intraoral approach. The detected anatomical structures were then reexamined via a submental approach in a water bath. Each anatomic layer was subsequently dissected starting with the submental layers and working towards the soft palate. After every preparation a sonographic examination was carried out.

Results: Differentiation between the soft palate and the surrounding oropharyngeal tissue can be effectively achieved. Using the submental approach, the transition between hard palate and soft palate as well as the middle section of the soft palate were distinguished from other oropharyngeal structures in all cases. Visualization of the caudal part of the velum and evaluation of the echogenicity of the soft palate were difficult and not always possible. In the two brachycephalic dogs of the study, it was challenging to distinguish the soft palate from the surrounding tissue.

Conclusion: The sonographic appearance of the canine soft palate in cadavers was described in this study. The submental approach allows differentiation between intraoral structures. Evaluation of the echogenicity and length of the soft palate is limited.

eingereicht 10.5.2011
akzeptiert 14.7.2011

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1281664>
Published online:
December 22, 2011
Ultraschall in Med 2011; 32:
E191–E201 © Georg Thieme
Verlag KG Stuttgart · New York ·
ISSN 1439-0914

Korrespondenzadresse

Claudia Köhler
Klinik für Kleintiere,
Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig
An den Tierkliniken 23
04103 Leipzig
Tel.: ++49/341/9 73 87 00
Fax: ++49/341/9 73 87 99
koehler@kleintierklinik.uni-
leipzig.de

Sonderdruck für private Zwecke des Autors

Einleitung

Das Erscheinungsbild der Brachycephalie schließt sowohl beim Menschen als auch beim Hund eine sagittale Verkürzung des Schädels mit Vorwölbung der Stirn und Temporalregion, eine Protrusio bulbi infolge unterentwickelter Orbitatrichter und eine hypoplastische Maxilla ein [1]. Beim Menschen ist diese Merkmalsausprägung bei einigen genetischen Erkrankungen (z.B. Down-Syndrom, Crouzon-Syndrom) anzutreffen. Demgegenüber ist dieser Phänotyp beim Hund induziert infolge einer gezielten Zuchtselektion durch den Menschen [2]. Eine Hyperplasie des weichen Gaumens, in Form von Verdickung und Verlängerung des Gaumensegels, ist bei der Mehrzahl der brachycephalen Hunderassen anzutreffen [3–10]. In einer Studie von Ginn et al. wurde bei 72% der 53 endoskopisch untersuchten brachycephalen Hunde ein verlängertes Gaumensegel diagnostiziert [11]. Die primäre, kongenitale Hyperplasie wird bei diesen Tieren durch ein chronisches Barotrauma in Folge eines erhöhten negativen Druckes in den Atemwegen zur Überwindung primärer Stenosen verstärkt [4, 13, 14]. Die Folge der Hyperplasie ist wiederum eine zusätzliche Stenosierung der Atemwege, die zu den lebensgefährlichen Atemfunktionsstörungen, dem sogenannten „brachycephalen Atemnotsyndrom“ beiträgt [4, 9]. In der Humanmedizin sind für das Down-Syndrom ebenfalls Atemwegstenosen infolge hypoplastischer Maxillen, Makroglossie, hoher Gaumen und subglottischer Stenosen mit lebensbedrohlichen Folgen beschrieben [1, 15]. Eine Hyperplasie der pharyngealen Weichteile kann jedoch auch bei nicht brachycephalen Hunden gelegentlich vorkommen [12, 16]. In einer Studie von Torrez und Hunt waren beispielsweise 68% der Tiere mit verlängertem Gaumensegel nicht brachycephal [8]. Die Untersuchung des oropharyngealen Raumes und speziell des Gaumens erfolgt im veterinärmedizinischen klinischen Alltag in der Regel durch adspektorische Verfahren wie der makroskopischen oder endoskopischen Pharyngoskopie [4, 6, 17–20]. Diese Verfahren ermöglichen die Beurteilung der Oberfläche des Organs zur Erkennung von makroskopischen Pathologien zum Beispiel von kongenitalen oder erworbenen Gaumendefekten [19, 21], Mukozelen [19, 22] und Neoplasien [23, 24]. Die Eruierung der Gaumendicke und die Untersuchung der Binnenstruktur des Organs sind hingegen pharyngoskopisch nicht möglich und modernen Schnittbildverfahren wie CT oder MRT vorenthalten. Ein Nachteil dieser bildgebenden Verfahren zur Diagnostik der weichteilbedingten Stenosierung der Atemwege ist die erforderliche Allgemeinanästhesie des Patienten. Erfahrungsgemäß birgt vor allem die Aufwachphase nach einer Narkose bei den brachycephalen Patienten ein erhöhtes Risiko [25]. Aus diesem Grund werden Untersuchungsmethoden gesucht, welche die Beurteilung des Gaumens hinsichtlich Größe und Struktur am wachen Patienten ermöglichen.

In der Humanmedizin wird die Sonografie, unter Anwendung hochfrequenter Ultraschallsonden, im Kopf- und Halsbereich diagnostisch zur Darstellung von Weichteilstrukturen eingesetzt [26, 27]. Nichtsdestotrotz ist die spezifische sonografische Untersuchung des oropharyngealen Raumes, aufgrund des komplexen und schwer zugänglichen Weichteilgewebes in dieser Region, speziellen Indikationen vorbehalten. Auf dem Gebiet der Phoniatrie wurde beispielsweise die sonografische Darstellung der Zunge und der Gaumenkontur zur Erfassung von Störungen im Sprech- und Schluckvorgang untersucht [28].

In der veterinärmedizinischen Literatur befassen sich wenige, ältere Studien mit der sonografischen Untersuchung des Oro-

pharynx. Diese Studien zeigen, dass Aussagen zur sonografischen Morphologie von Mundhöhlenboden, Zunge und Larynx getroffen werden können [29–31]. Es existieren keine veterinärmedizinischen Studien zur sonografischen Untersuchung des Gaumens und dessen angrenzenden oropharyngealen Strukturen.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Darstellung und Beschreibung der physiologischen sonografischen Anatomie des Gaumens beim Hund.

Material und Methoden

Patientengut

Die Untersuchungen wurden insgesamt an sieben Tieren durchgeführt, die aufgrund unterschiedlicher Erkrankungen euthanasiert wurden. Die Zeitspanne zwischen Zeitpunkt des Todes und Beginn der Untersuchungen betrug weniger als eine Stunde. Als Einschlusskriterium wurde eine Körpermasse von 5–15 kg gewählt. Keines der Tiere wies eine offensichtliche Erkrankung im Kopfbereich auf. Bei den Tieren handelte es sich um fünf mesozephele und zwei brachycephale Hunde. Aus **Tab. 1** ist die Rassezugehörigkeit, Geschlecht, Alter und Körpermasse der Tiere zu entnehmen.

Technik

Für die Untersuchungen aller Tiere kamen ein GE Logiq E9 (GE Medical Systems Deutschland GmbH & Co KG, Solingen, Deutschland) mit den Schallköpfen 9L¹ und ML6-15¹ und ein GE Logiq 5¹ mit den Schallköpfen I12L¹, I739¹ und T739¹ zum Einsatz. Bei den verwendeten Schallköpfen handelt es sich um Linearschallköpfe, die sich in ihren technischen Eigenschaften (**Tab. 2**) und in ihrer Form unterscheiden (**Abb. 1**).

Nativuntersuchung

Für die Nativuntersuchungen wurde ein submentaler Zugang gewählt (**Abb. 2, 3**). Die Tierkörper wurden in Rückenlage mit gestreckter Kopfposition verbracht. Die untersuchte Region

Tab. 1 Signalement der untersuchten Hunde (m: männlich; w: weiblich).

| Tier | Rasse | Geschlecht | Alter [Jahre] | Körpermasse [kg] |
|------|-------------------|------------|---------------|------------------|
| 1 | Yorkshire Terrier | m | 10 | 6 |
| 2 | Foxterrier | w | 7 | 7 |
| 3 | Mischling | w | 14 | 12 |
| 4 | Langhaarteckel | m | 12 | 15 |
| 5 | Welsh Terrier | m | 8 | 14 |
| 6 | Mischling | m | 8 | 8 |
| 7 | Pekingnese | m | 3 | 12 |

Tab. 2 Technische Eigenschaften der verwendeten Schallköpfe (MHz: Megahertz; FOV: Field of view).

| Schallkopf | Frequenz in MHz | FOV in mm | Auflagefläche in mm |
|------------|-----------------|-----------|---------------------|
| 9L | 2,4–10 | 44 | 49 × 9 |
| ML6-15 | 4,5–15 | 50 | 58 × 13 |
| I12L | 4–11,5 | 25 | 29 × 10 |
| I739 | 3,5–9,5 | 39 | 44 × 10 |
| T739 | 3,5–9,5 | 38 | 44 × 10 |

erstreckte sich von der Pars incisiva der Mandibula bis kaudal zum Kehlkopf und wurde seitlich von den Unterkieferästen begrenzt. Die betreffende Region wurde geschoren und mit Alkohol als Kopplungsmedium versehen. Die sonografische Untersuchung erfolgte mit jedem Schallkopf in der Sagittal- und in der Transversalebene. Die exakte Positionierung erfolgte dann am sonografischen Bild. Die Darstellung des harten Gaumens wurde mit „anterior“, der Übergang von hartem zu weichem Gaumen

mit „Mitte“ und die kaudale Gaumensegelregion mit „posterior“ definiert. Abweichend von der Ausrichtung auf der Medianen wurde der Schallkopf im posterioren Bereich zusätzlich lateral der Medianen, parallel zum Verlauf der Unterkieferäste aufgesetzt. Durch leicht schräge Ausrichtung des Schallkopfes um ca 40–45° in dieser Position richtete sich der Schallkegel nach dorsomedial. Diese Schallkopfposition wurde als „lateral“ bezeichnet. In der Transversalebene wurden drei verschiedene Schallkopfpositionen gewählt, welche ebenfalls mit „anterior“, „Mitte“ und „posterior“ bezeichnet wurden. Die Wahl der Frequenz und Geräteeinstellungen wie Eindringtiefe, Gesamtverstärkung und tiefenabhängige Verstärkung wurden bei den Untersuchungen individuell an das Tier, Schallkopfposition und Schallbedingungen angepasst. Die Position der Fokuszonen wurde individuell angepasst, sodass die zu untersuchenden Strukturen innerhalb dieser zu liegen kamen.



Abb. 1 Illustration der verschiedenen Schallkopfformen, von links nach rechts: I12L, T 739, 9L, ML6–15, I739.

Fig. 1 Illustration of different shapes of applied probes from left to right: I12L, T 739, 9L, ML6–15, I739.

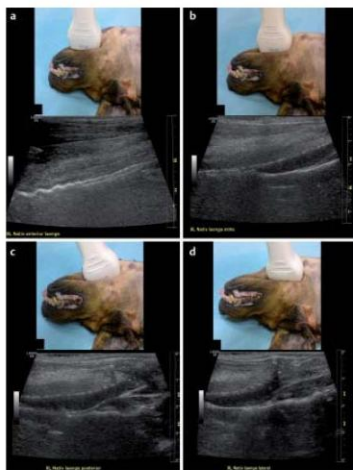


Abb. 2 Schallkopfpositionen in der Sagittalebene mit entsprechendem sonografischen Bild. **a** anteriore Position; **b** mittlere Position; **c** posteriore Position; **d** laterale Position.

Fig. 2 Probe position in sagittal view according to sonographic image. **a** anterior position; **b** middle position; **c** posterior position; **d** lateral position.

Intraorale Untersuchung

Anschließend an die Untersuchungen im submentalen Zugang wurde, vorausgesetzt die Größenverhältnisse von Maulhöhle und Schallkopf ließen es zu, die intraorale Untersuchung durchgeführt. Die Tiere verblieben in Rückenlage, der jeweilige Schallkopf wurde in die Maulhöhle eingebracht und direkt auf den Gaumen aufgelegt.

Wasserbad

Im Anschluss an die intraorale Untersuchung wurden die Tierkörper in Rückenlage in ein Wasserbad mit 0,9%iger NaCl-Lösung in Zimmertemperatur verbracht. Es wurden die zuvor aufgeführten Schallköpfe und erneut der submentale Zugang verwendet. Die gewählten Schallkopfpositionen und Schnittebenen, sowie die spezifischen sonografischen Parameter stimmten mit denen der Nativuntersuchung überein.

Präparation

Im Anschluss begann die schrittweise Präparation der isolierbaren, anatomischen Strukturen von submental in Richtung des Gaumens, begonnen bei der Haut (Abb. 4). Nach jeder präparierten Schicht wurde eine erneute vollständige sonografische Untersuchung der darstellbaren Strukturen in den vor-

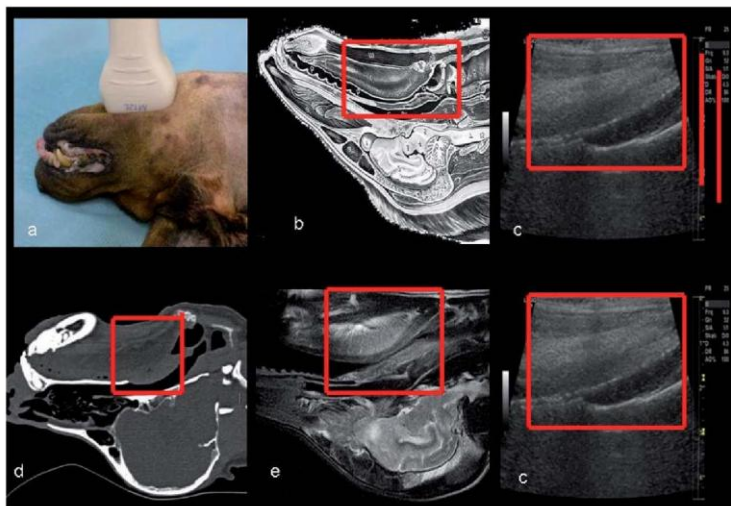


Abb. 3 Vergleichende Darstellung des Untersuchungsbereiches im sagittalen Schnitt in der Schallkopfposition „Mitte“ im Bereich des Überganges von hartem zu weichem Gaumen; **a** Schallkopfposition; **b** Anatomische Darstellung ; **c** Sonografisches Bild; **d** CT-Darstellung; **e** MRT-Darstellung. Anhand der Abbildungen wird deutlich, dass ein Gewebekontakt zwischen Zunge und weichen Gaumen zur Verdrängung der oropharyngealen Luft im Schallgebiet realisierbar ist. Bild aus „Lehrbuch der Anatomie der Haustiere“ Band II, Nickel et al. 2004.

Fig. 3 Comparison of region of interest in „middle“ probe position at the transition from hard to soft palate in sagittal view; **a** probe position; **b** anatomical demonstration; **c** sonographic image; **d** CT image; **e** MRI image. The images show that the tissue contact between the tongue and soft palate is needed to eliminate oropharyngeal air for sonographic imaging. Image of „Lehrbuch der Anatomie der Haustiere“, Band II, Nickel et al. 2004.

Sonderdruck für private Zwecke des Autors



Abb. 4 Anatomie der Zungenbeinmuskulatur und Zunge. (1) M. mylohyoideus; (2) M. geniiohyoideus; (3) M. genioglossus; (4) M. lingualis proprius; (5) Velum palatinum. Quelle: Carnivore Muscle Identification Web Site, College of Veterinary Medicine, University of Minnesota.

Fig. 4 Anatomy of hyoid bone musculature and tongue. (1) M. mylohyoideus; (2) M. geniiohyoideus; (3) M. genioglossus; (4) M. lingualis proprius; (5) Velum palatinum. Authority: Carnivore Muscle Identification Web Site, College of Veterinary Medicine, University of Minnesota.

mals beschriebenen Schallkopfpositionen und Schnittebenen durchgeführt. Zuletzt wurde der weiche Gaumen rostral im Bereich des Überganges zum harten Gaumen, lateral vom Arcus palatoglossus und kaudal im Bereich des Arcus palatopharyngeus isoliert (● Abb. 5). Das isolierte Organ wurde in ein Wasserbad verbracht, fixiert und sonografisch untersucht.

Ergebnisse

Der Vergleich der sequenziell angefertigten Ultraschallbilder der präparierten anatomischen Schichten mit den sonografischen Nativbildern ermöglichte die sichere Identifikation der darstellbaren Strukturen (● Abb. 13, 14). Anhand der ● Abb. 6 wird exemplarisch die sonografische Anatomie der oropharyngealen Strukturen in der mittleren Schallkopfposition im Sagit-

Sonderdruck für private Zwecke des Autors

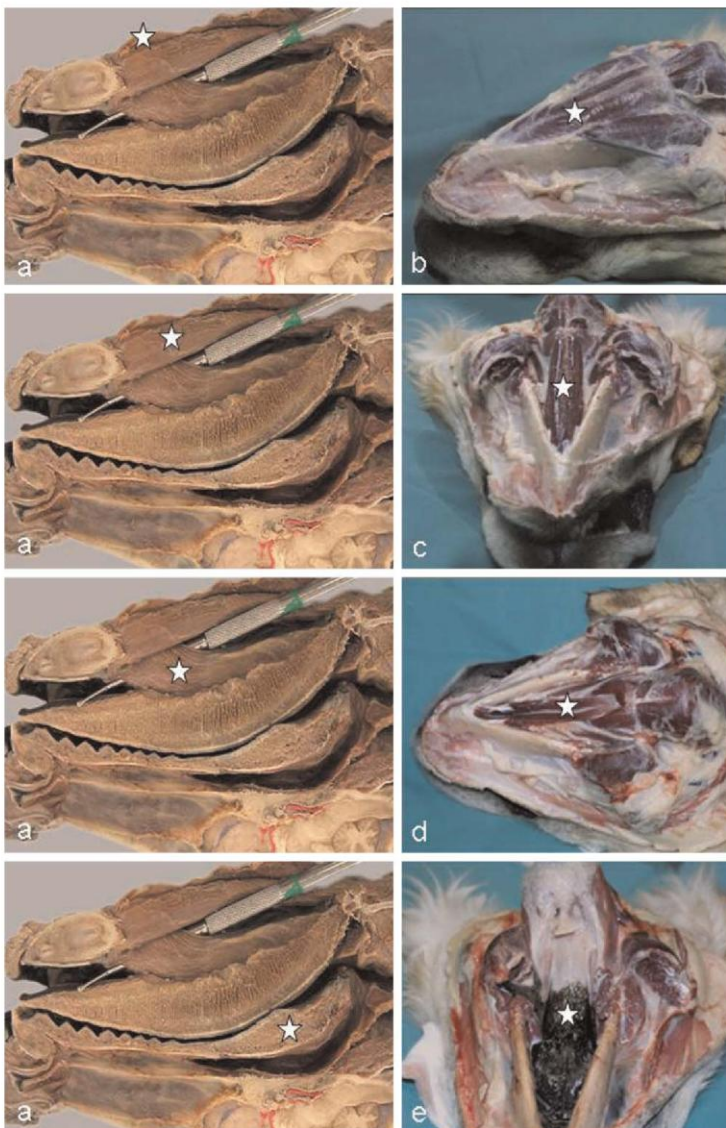


Abb. 5 Darstellung der schrittweisen Präparation der anatomischen Schichten von submental bis zum weichen Gaumen. **a** Anatomische Darstellung im Sagittalschnitt (Quelle: Carnivore Muscle Identification Web Site, College of Veterinary Medicine, University of Minnesota); **b** Anatomisches Bild nach dem ersten Präparationsschritt, Sicht auf M. mylohyoideus; **c** Anatomisches Bild nach dem zweiten Präparationsschritt, Sicht auf M. geniiohyoideus; **d** Anatomisches Bild nach dem dritten Präparationsschritt, Sicht auf M. genioglossus und M. lingualis proprius, **e** Anatomisches Bild nach dem vierten Präparationsschritt, Sicht auf weichen Gaumen.

Fig. 5 Preparation steps of the anatomical layers starting submental going up to soft palate. **a** Anatomical image in sagittal section (authority: Carnivore Muscle Identification Web Site, College of Veterinary Medicine, University of Minnesota); **b** Anatomical Image after first preparation, view on M. mylohyoideus; **c** Anatomical image after second preparation step, view on M. geniiohyoideus; **d** Anatomical image after third preparation after fourth preparation step, view on soft palate.

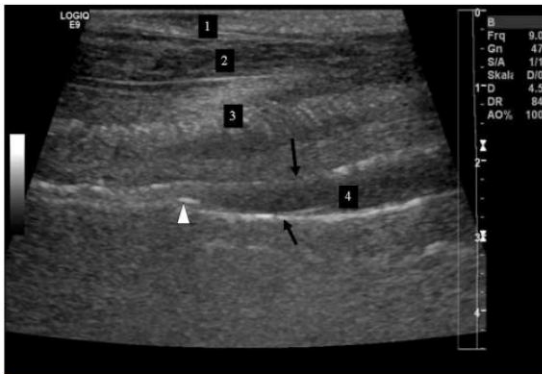


Abb. 6 Sagittales Ultraschallbild der oropharyngealen Strukturen in der mittleren Schallkopfposition im submentalen Zugang, 9L Schallkopf, 9 MHz. (1) Haut, Unterhaut und Platysma als homogene Schicht mittlerer Echogenität; (2) M. mylo- und geniohyoideus als hypoechogene Schicht mit hyperechogener Längsstreifung, eine hyperechogene Linie als Abgrenzung zur dorsalen Zungenmuskulatur ist teilweise nachvollziehbar; (3) hyperechogener, fächerförmig in die Zungenbinnenmuskulatur einstrahlender M. genioglossus; (4) weicher Gaumen als Region von geringer Echogenität, die Echotextur ist nicht eindeutig nachvollziehbar; schwarze Pfeile: zeigen die hyperechogene Grenzfläche von Zunge zu weichem Gaumen und von weichem Gaumen zum Nasopharynx an; Pfeilspitze: zeigt den charakteristischen Übergang von hartem zu weichem Gaumen.

Fig. 6 Sonographic image of oropharyngeal structures in the "middle" probe position on submental application in sagittal view, 9L probe, 9 MHz. (1) Cutis, subcutis and platysma showing a homogeneous layer of middle echogenicity. (2) M. mylo- and geniohyoideus showing a hypoechoic layer of hyperechoic longitudinal striation, a hyperechoic line represents the boundary to the dorsal tongue musculature, (3) Hyperechoic, fan-shaping M. genioglossus is irradiating in the inner tongue musculature; (4) Soft palate of low echogenicity, the echotexture is not distinctly visible; dark arrows show the hyperechoic boundary between the tongue and soft palate and between the soft palate and nasopharynx; Arrowhead shows the distinguishing transition from hard to soft palate.



Abb. 7 Transversales Ultraschallbild der oropharyngealen Strukturen in der mittleren Schallkopfposition im submentalen Zugang, ML 6-15 Schallkopf, 11 MHz. Gelbe Pfeile: M. mylohyoideus als schmaler hypoechoener Muskel mit charakteristischem, transversalem Verlauf zwischen den beiden Innenflächen der Unterkieferäste und medianer Vereinigung in der sogenannten Muskelraphe. Die Unterkieferäste sind als bilaterale hyperechogene Areale mit distalem Schallschatten nachweisbar; Stern: M. geniohyoideus als ovale, kompakte Struktur mit geringgradig höherer Echogenität im Vergleich zum M. mylohyoideus. Der weiche Gaumen ist dorsal des Zungenparenchyms als rundliche, hypoechoene Struktur im Vergleich zur mittleren Echogenität der Zunge nachweisbar.

Fig. 7 Transverse sonographic image of oropharyngeal structures in the "middle" probe position by submental application, ML 6-15 probe, 11 MHz. Yellow arrows: Small hypoechoic M. mylohyoideus with distinguishing, transverse course between the two inner surfaces of the mandibles and median consolidation in the raphe. The mandibles are shown by bilateral hyperechoic areas with distal shadowing; star: Oval, compact M. geniohyoideus of slightly higher echogenicity than M. mylohyoideus. Soft palate is shown as a round, hypoechoic structure compared to the middle echogenicity of the tongue.

talschnitt dargelegt. Ventral und damit schallkopfnah ist Haut, Unterhaut und Platysma gemeinsam als schmale Schicht mittlerer bis hoher Echogenität mit homogenem Echomuster zu verzeichnen (Abb. 1, 6, 14). Die genannten einzelnen anatomischen Strukturen innerhalb dieser Schicht können nicht getrennt voneinander dargestellt werden.

Dorsal der Haut- und Unterhautzone folgen die oberen Zungenbeinmuskeln in Form einer hypoechoenen Schicht mit horizontal verlaufender, hyperechogener Längsstreifung (Abb. 2, 6, 14). Die Schicht verjüngt sich subjektiv im posterioren Anteil im Sagittalschnitt und endet in einer hyperechogenen Region mit deutlichem Schallschatten. Dabei handelt es sich um einen Zungenbeinanteil, dem Basihyoid. In der mittleren und posterioren Schallkopfposition ist die Zungenbeinmuskulatur zum dorsal gelegenen Gewebe durch eine hyperechogene Linie variierender Intensität abgrenzbar. Zu den darstellbaren oberen Zungenbeinmuskeln gehören der M. mylohyoideus und der M. geniohyoideus. Eine sonografische Differenzierung zwischen beiden Muskeln ist im Sagittalschnitt nicht möglich. Im Gegensatz dazu ermöglicht die transversale Schallkopfposition die Differenzierung beider Muskeln anhand eines geringen Echogenitätsunterschiedes und der unterschiedlichen Gestalt der Muskeln (Abb. 7).

Die im sonografischen Bild dorsal der oberen Zungenbeinmuskulatur gelegene Zunge stellt sich als überwiegend homogenes Gewebe von mittlerer Echogenität dar. Die Echogenität nimmt bei allen untersuchten Tieren, vor allem im mittleren und posterioren Bereich, nach dorsal ab. Das sonografische Zungenbild aller untersuchten Tiere weist im Sagittalschnitt eine fächerförmige, hyperechogene Streifung auf, die von rostroventral nach kaudodorsal verläuft. Die Streifung entspricht dem anatomischen Verlauf eines äußeren Zungenmuskels, dem M. genioglossus (Abb. 6, 14). Eine exakte Trennung des M. genioglossus von der Zungenbinnenmuskulatur ist weder präparatorisch noch sonografisch möglich.

Der Übergang vom Zungenparenchym zum dorsal gelegenen weichen Gaumen ist als Linie variabler Echogenität gekennzeichnet (Abb. 6, 14). Dorsal der Zunge und der beschriebenen Grenzfläche stellt sich der weiche Gaumen als hypoechoenes Gewebe dar (Abb. 6, 14). Er wird abermals durch eine hyperechogene Linie nach dorsal begrenzt, die als Grenzfläche zwischen weichem Gaumen und Nasopharynx interpretiert wird (Abb. 6, 14). Diese Linie beschreibt im Sagittalschnitt, ausgehend vom Übergang von hartem zu weichem Gaumen, einen bogenförmigen Verlauf nach dorsal. Der weiche Gaumen erhält damit sonografisch eine mondsichelähnliche Form. Die dorsale Begrenzungslinie weist, verursacht durch Luft im Nasopharynx, deutliche Kometenschweifartefakte nach distal auf. Der Übergang von hartem zu weichem Gaumen ist gekennzeichnet durch das bogenförmige Absenken der hyperechogenen, distalen Begrenzung des weichen Gaumens nach dorsal. Der Übergang ist in den überwiegenden Fällen in der sagittalen Schallkopfposition

Sonderdruck für private Zwecke des Autors

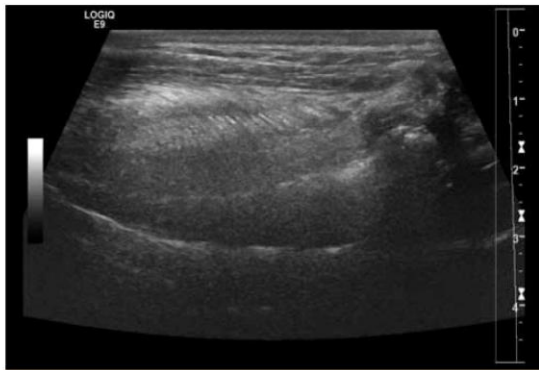


Abb. 8 Sagittales Ultraschallbild der oropharyngealen Strukturen in der posterioren Schallkopfposition im submentalen Zugang, ML6-15 Schallkopf, 11 MHz. Der kaudale Anteil des weichen Gaumens ist, aufgrund der distalen Schallauslöschung des knöchernen, quer verlaufenden Zungenbeinkörpers, nur eingeschränkt einsehbar.

Fig. 8 Sagittal sonographic image of oropharyngeal structures in posterior probe position by submental application, ML6-15 probe, 11 MHz. The caudal part of the soft palate is partly visible due to the distal shadowing caused by the crossing osseous hyoid bone body.

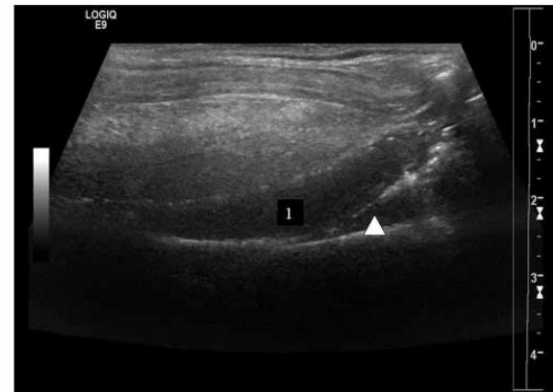


Abb. 9 Sagittales Ultraschallbild der oropharyngealen Strukturen in der lateralen Schallkopfposition im submentalen Zugang, ML6-15 Schallkopf, 13 MHz. (1) mondsichelähnliches Gaumensegel; Pfeilspitze: Pharynxmuskulatur, auf die der weiche Gaumen bei moderatem Anpressdruck zu liegen kommt.

Fig. 9 Sagittal sonographic image of oropharyngeal structures in lateral probe position by submental application, ML6-15 probe, 13 MHz. (1) Crescent-shaped velum; Arrowhead: pharynx musculature, using moderate pressure the soft palate is lying on this musculature.

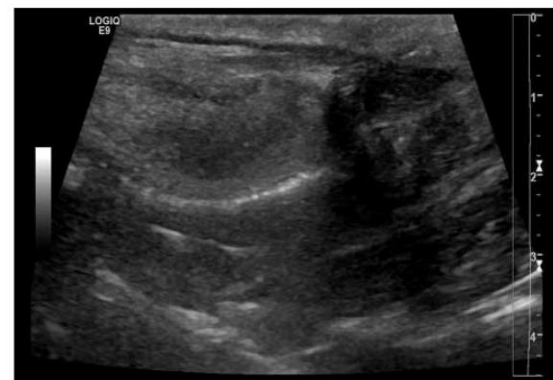


Abb. 10 Sagittales Ultraschallbild der oropharyngealen Strukturen in der posterioren Schallkopfposition im submentalen Zugang bei einem brachycephalen Patienten, 9L Schallkopf, 9 MHz. Die Haut stellt sich subjektiv als verdickt dar. Die Zunge wirkt deutlich prominent und geschwungen. Die Abgrenzung des weichen Gaumens zum umliegenden Gewebe ist erschwert. Die dorsal vom Gaumensegel gelegene Pharynxmuskulatur wirkt deutlich verdickt und zieht vergleichsweise weit nach anterior.

Fig. 10 Sagittal sonographic image of oropharyngeal structures in posterior probe position by submental application in brachycephalic patient, 9L probe, 9 MHz. Cutis and tongue appear thickened. Demarcation of soft palate to surrounding tissue is hindered. The dorsal pharynx musculature is clearly thickened and distends in the anterior direction.

on sehr gut nachvollziehbar (Abb. 6). Lediglich bei Tier sechs und sieben ist die korrekte Identifizierung des Überganges erschwert, zumal die dorsale hyperechogene Linie nur schwach und unvollständig darstellbar ist. Abb. 8 zeigt ein sagittales Bild in der posterioren Schallkopfposition. Die zwei beschriebenen hyperechogenen Linien, die die hypoechoogene Region des weichen Gaumens begrenzen, verlaufen nach posterior geringgradig divergierend (Abb. 14). Aufgrund der distalen Schallauslöschung, bedingt durch den quer verlaufenden, knöchernen Zungenbeinkörper, ist der kaudale Gaumensegelanteil in der posterioren Schallkopfposition nur eingeschränkt einsehbar. Am Beispiel der Abb. 9 wird deutlich, dass eine Positionsänderung des Schallkopfes in die laterale Position in den überwiegenden Fällen bessere Sichtverhältnisse ermöglicht. In der lateralen Position ist dorsal der oropharyngealen Begrenzung des kaudalen, weichen Gaumens hypoechogenes Gewebe darstellbar (Abb. 9). Dieses Gewebe weist im Gegensatz zum weichen Gaumen zarte, horizontal verlaufende und hyperechogene Längsstreifen auf und wird folglich als Muskulatur interpretiert. Bedingt durch einen moderaten Anpressdruck kommt der weiche Gaumen in den überwiegenden Fällen auf das beschriebene pharyngeale Muskelgewebe dorsal des Gaumensegels zu liegen und schafft damit diesen erneuten Gewebekontakt. Betrachtet man die Anatomie vergleichend mit der Sonoanatomie in dieser Region handelt es sich bei dem Muskelgewebe höchstwahrscheinlich um rostrale Schlundkopfschnürer im Sinne des M. palato- und M. pterygopharyngeus. Bei den Tieren sechs und sieben ist die posteriore Region sonografisch schwieriger und nur anteilsweise einsehbar (Abb. 10). Die dorsale Kontur des weichen Gaumens ist bei diesen Tieren nicht vollständig nachvollziehbar. Die beschriebene Schlundkopfmuskulatur erscheint bei ihnen sonografisch prominenter zu sein und in ihrer Ausdehnung weiter nach rostral zu reichen.

Anschließend an die Präparation der Zunge gelingt bei allen Tieren ein direktes Auflegen des jeweiligen Schallkopfes auf den weichen Gaumen. Lediglich bei drei Tieren lassen die Größenverhältnisse die Verwendung aller Schallköpfe zu. Die Echotextur

des Gaumensegels entspricht in den überwiegenden Fällen den nachfolgend aufgeführten Befunden der intraoralen Untersuchung.

Intraorale Untersuchung

Die intraorale Sonografie des weichen Gaumens durch direktes Auflegen des Schallkopfes kann, aufgrund der Größenverhält-

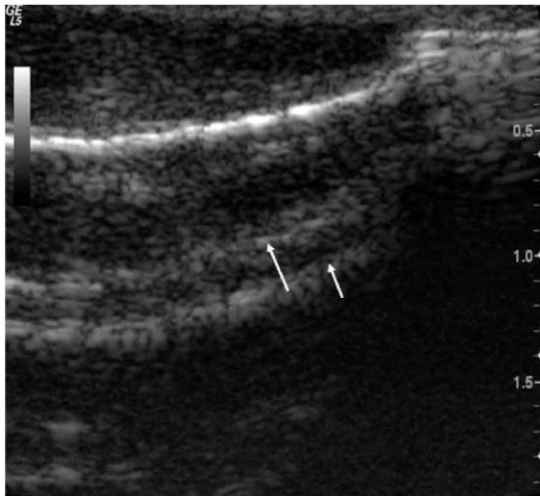


Abb. 11 Sagittales Ultraschallbild des Gaumens in der mittleren Schallkopfposition im intraoralen Zugang, 112L Schallkopf, 10 MHz. Es ist der Übergang von weichen zu hartem Gaumen abgebildet. Eine Dreifachschichtung mit einer mittleren hypoechogenen und zwei äußeren Schichten mittlerer Echogenität ist nachvollziehbar. Dorsal ist die hyperechogene Grenzfläche zum dorsal gelegenen Oropharynx darstellbar. Weiße Pfeile: Reverberationsartefakte.

Fig. 11 Sagittal sonographic image of the palate in the "middle" probe position by intraoral application, 112L probe, 10 MHz. The transition from hard to soft palate is shown. Three-fold layering is detectable with an internal hypoechoic area and external layers of middle echogenicity. The hyperechoic boundary to the dorsal oropharynx is visible. White arrows: reverberation artifacts.

nisse, in allen Fällen lediglich mithilfe des I12L und I739 Schallkopfes durchgeführt werden. Bei zwei Tieren gelingt zusätzlich die Untersuchung mit dem T739 Schallkopf. Die übrigen in der Studie angewandten, konventionell geformten Schallköpfe können aufgrund der Größenverhältnisse nicht in das Maul verbracht und damit auf den weichen Gaumen aufgelegt werden. Bei der intraoralen Untersuchung des weichen Gaumens können im Wesentlichen drei Schichten unterschieden werden (Abb. 11). Schallkopfnahe ist eine schmale Schicht mittlerer Echogenität zu verzeichnen, gefolgt von einer breiten Schicht geringer Echogenität. Die dritte Schicht ist erneut eine schallkopferne schmale Zone mittlerer Echogenität. Die Echogenitätsunterschiede sind bei zwei Tieren (Tier vier und fünf) nur dezent ausgebildet. Bei Tier sieben ist die hyperechogene Schicht im Zentrum auffällig schmal.

Sonografische Untersuchung im Wasserbad

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Nativuntersuchungen stellt sich die Zungenoberfläche im Wasserbad nicht als hyperechogene Grenzfläche dar. Die Abgrenzung zwischen Zunge und weichem Gaumen in der mittleren und posterioren Schallkopfposition gelingt nunmehr vorrangig durch den Echogenitätsunterschied zwischen beiden Strukturen. Bedingt durch die umgebende Flüssigkeit, ist die dorsale Grenze des weichen Gaumens als feine Linie mittlerer Echogenität sichtbar (Abb. 12). Teilweise gelingt zusätzlich das Aufzeigen einer Echotextur des weichen Gaumens in Form einer dünnen, hypoechogenen Schicht im Zentrum, umgeben von einer breiten Schicht mitte-

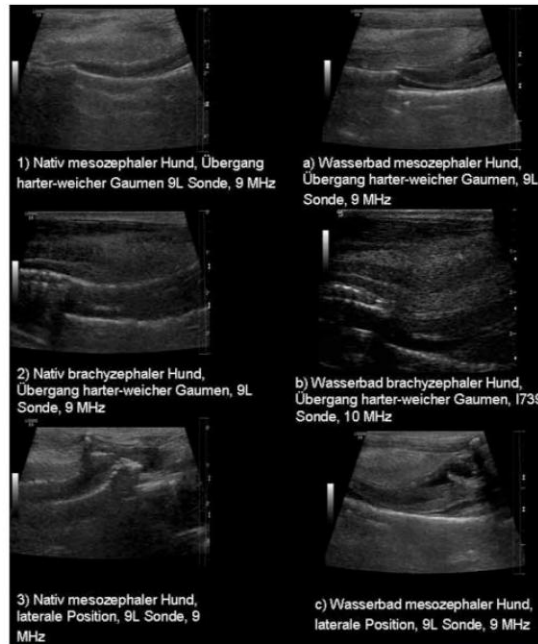


Abb. 12 Vergleich Nativuntersuchung (1, 2, 3) mit Wasserbaduntersuchung (a, b, c) bei dem jeweils übereinstimmenden Patienten in den angegebenen Positionen und mit aufgeführten Sonden und Frequenzen. Die dorsale und zum Teil auch ventrale Kontur des Gaumensegels ist in der Wasserbaduntersuchung deutlich nachweisbar und die innere Echotextur wird im Vergleich zur Nativuntersuchung deutlicher (a, b, c). Bei dem brachycephalen Patienten wird die Abgrenzung der dorsalen Pharynxmuskulatur möglich (b). Im posterioren Bereich ist die Abgrenzung des Gaumensegels zu anliegenden Strukturen z. B. Epiglottis möglich (c).

Fig. 12 Comparison of primary examination (1, 2, 3) and water bath examination (a, b, c) on the corresponding patient using the mentioned positions, probes and frequencies. The dorsal outline and partly the ventral outline of the velum are clearly detectable in the water bath examination. The inner echotexture becomes more distinct compared to the primary examination (a, b, c). Demarcation of the dorsal pharynx musculature is possible in the brachycephalic patient (b). In the posterior position demarcation of the velum to adjacent structures, e.g. the epiglottis, is possible (c).

rer Echogenität. Bei den brachycephalen Patienten wird die vormalig schwierig darstellbare dorsale Gaumensegelkontur, im Gegensatz zu den Ergebnissen der Nativuntersuchung, ebenfalls besser sichtbar. Die dorsal gelegene prominente Muskulatur ist bei diesen Tieren bis circa zur Mitte des weichen Gaumens oder darüber hinaus nachvollziehbar. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Tieren erscheint das Gaumensegel dadurch bereits im anterioren Abschnitt dicker. Das Kaudalende des Gaumensegels ist bei allen Tieren teilweise hyperechogen im Vergleich zur flüssigkeitsgefüllten Umgebung darstellbar. Zum Teil ist, mithilfe eines geringen Anschalldrucks, das frei in der Flüssigkeit bewegliche Gaumensegel darstellbar. Es berührt am Kaudalende die Spitze einer Struktur, die leicht bogenförmig nach posterior zieht und als Epiglottis interpretiert wird.

Sonderdruck für private Zwecke des Autors

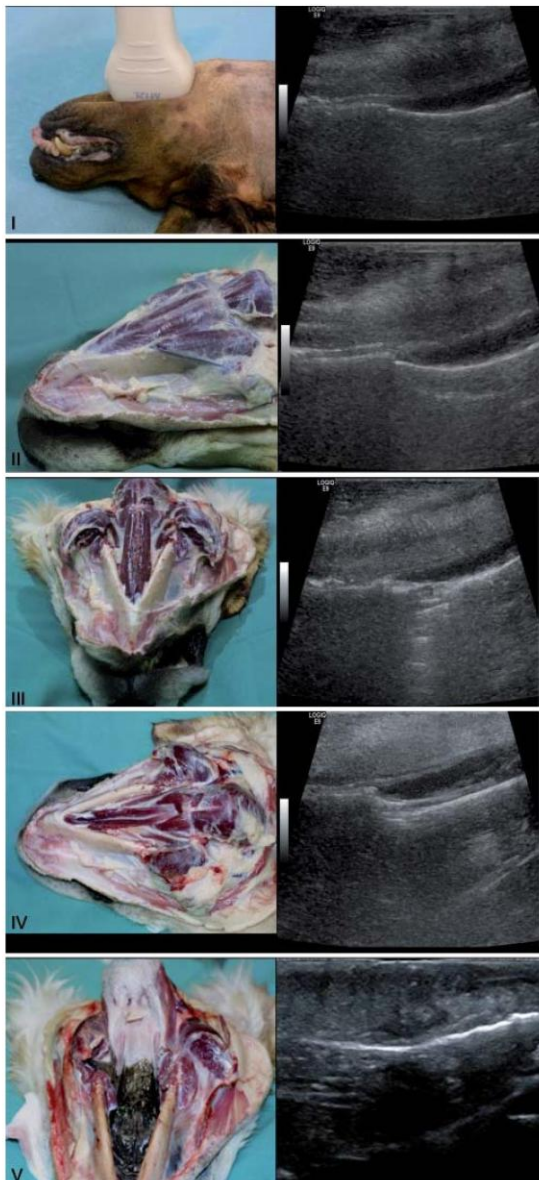


Abb. 13 Einzelne Präparationsschritte mit entsprechenden sonografischen Bildern.

Fig. 13 Individual preparation images with corresponding sonographic images.

Sonografische Untersuchung des Gaumens im Wasserbad

Entsprechend des sonografischen Befundes der intraoralen Untersuchung, ist der weiche Gaumen im Wasserbad sonografisch gekennzeichnet durch eine breite, hypoechogene innere Schicht, umgeben von einer schmalen Zone mittlerer Echogenität (● **Abb. 15**).

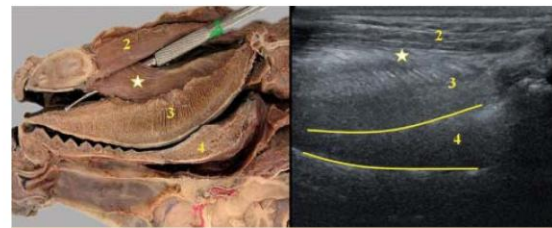


Abb. 14 Darstellung der verschiedenen anatomischen Schichten im Sagittalschnitt, links anatomisches Präparat, rechts sonografisches Bild in der posterioren Position im submentalen Zugang, 9L Schallkopf, 9 MHz. Haut, Unterhaut, Platysma (1), Kehlgangsmuskulatur (2), Zunge (3), Gaumen (4), Stern: M. genioglossus, der fächerförmig in die Zungeninnenmuskulatur einstrahlt, gelbe Linien: Grenzfläche weicher Gaumen zum umliegenden Gewebe.

Fig. 14 Demonstration of different anatomical layers in sagittal section, left anatomical preparation, right sonographic image in posterior position in submental application, 9L probe, 9 MHz. Cutis, subcutis, platysma (1), throat musculature (2), tongue (3), soft palate (4), star: fan-shaped M. genioglossus, which is irradiating in the inner tongue musculature, yellow lines: boundary between soft palate to surrounding tissue.

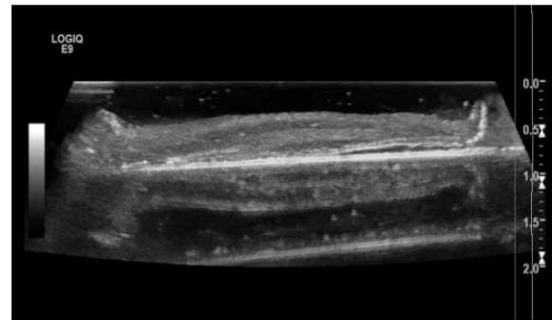


Abb. 15 Transversales Ultraschallbild des isolierten Gaumens im Wasserbad, ML6-15 Schallkopf, 13 MHz. Die Dreifachschichtung im Sinne der hypoechogenen inneren Schicht und der äußeren Schicht höherer Echogenität ist ersichtlich.

Fig. 15 Transversal sonographic image of the isolated palate in waterbath, ML6-15 probe, 13 MHz. The threefold layering with the hypoechoic internal layer and the hyperechoic external layers is detectable.

Diskussion

Diskussion der Methodik

In der vorliegenden Grundlagenstudie wurden die sonografischen Untersuchungen an frisch toten Tieren durchgeführt. Die Zeitspanne zwischen Zeitpunkt des Todes und Beginn der Untersuchungen betrug weniger als eine Stunde. Die Zeitspanne wurde limitiert, um das Risiko postmortaler autolytischer Gewebeveränderungen – im Sinne einer Gewebezersetzung – und damit sonografischer, autolysebedingter Veränderungen zu reduzieren. Nichtsdestotrotz können autolysebedingte sonografische Veränderungen während der vollständigen, mehrstündigen Untersuchung nicht ausgeschlossen werden. Das Einschlusskriterium der Gewichtsklasse wurde auf der Grundlage von Voruntersuchungen an fünf Tieren eingeführt. Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Auflage des Schallkopfes auf das Weichteilgewebe bei zu geringer Kör-

pergröße (<5 kg) durch die engstehenden Unterkieferäste erschwert wurde. Der anteriore Bereich war bei diesen Tieren aus diesem Grund kaum einsehbar und auch die intraoralen Untersuchungen wurden erschwert. Bei großen Hunden dagegen nahm mit der Größe auch die Schichtdicke des Weichteilgewebes ventral des Gaumensegels und damit die erforderliche Eindringtiefe zu. Aus diesem Grund sind bei größeren Tieren hohe Frequenzen, deren Anwendung für eine optimale Auflösung wünschenswert sind [32], nur bedingt einsetzbar. Der Einsatz dieses Untersuchungsverfahrens bei großen Patienten ist folglich als limitiert anzusehen. Da es sich bei den meisten brachycephalen Hunden um Tiere einer geringen bis mittleren Körpergewichtsklasse handelt, sollte dieser Umstand für die perspektivischen Untersuchungen am brachycephalen Patienten jedoch weniger Probleme bereiten.

Die sonografischen Untersuchungen wurden in der vorliegenden Studie an zwei verschiedenen Ultraschallgeräten (GE Logiq 5 und GE Logiq E9) durchgeführt. Der Grund hierfür liegt in der Verwendung fünf verschiedener Linearschallköpfe bzw. Schallkopfgeometrien, die jeweils mit einem der beiden Geräte anzuwenden sind. Der Einfluss verschiedener Schallkopftechniken auf die Bildqualität und somit auf die Darstellbarkeit des Gaumens wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Unabhängig von der Bildqualität ermöglichten jedoch die schmal geformten Schallköpfe, wie der I12L-, I739- und T739-Schallkopf, teilweise eine bessere Handhabbarkeit während der Untersuchungen. Dies traf vor allem für die intraoralen Untersuchungen sowie für die Untersuchungen in den verschiedenen Präparationsphasen zu. Die konventionellen Linearschallkopfformen erwiesen sich in diesen Untersuchungsschritten, in Abhängigkeit von der Tiergröße, als zu groß und sperrig in dem kleinen Untersuchungsgebiet. Bezogen auf die Nativuntersuchung ist dennoch zu sagen, dass sich die konventionellen Linearschallköpfe (ML 6-15, 9L) subjektiv in Kombination mit dem Logiq E9 für die submentale Nativuntersuchung am besten eigneten. Durch ihr Auflösungsvermögen erreichen sie subjektiv eine hohe Bildqualität bei gleichzeitig guter Handhabbarkeit.

Die Nativuntersuchungen wurden, in Übereinstimmung mit der zugänglichen Literatur [28–31, 33, 34], im submentalen Zugang durchgeführt. Die Tierkörper wurden dafür in Rückenlage mit überstrecktem Hals positioniert. Für lebendige und nicht narkotisierte Tiere wird die submentale Untersuchung stehend, sitzend oder in Brust-Bauch-Lage empfohlen [29, 30]. Für die Untersuchung des Halsbereiches wie der Schilddrüsenregion hat sich neben der sitzenden Position des Patienten auch die Rückenlage mit leicht überstrecktem Hals bewährt [35, 36]. Nach Autorenmeinung ist diese Lagerung für die sonografische Untersuchung des Gaumens daher auch für den wachen Patienten in Betracht zu ziehen.

In der zugänglichen Literatur werden definierte und damit standardisierte Schallkopfpositionen für die sonografische Untersuchung des oropharyngealen Raumes nur selten beschrieben [31, 33]. In der vorliegenden Studie wurden ähnlich zu den humanmedizinischen Untersuchungen von Shawker et al. [33], vier verschiedene Schallkopfpositionen im Sagittalschnitt und drei verschiedene Schallkopfpositionen im Transversalschnitt unterschieden. Die Korrektur der Schallkopfposition erfolgte am sonografischen Bild. Hinsichtlich der korrekten Positionierung des Schallkopfes und möglicher Orientierungspunkte in den jeweiligen Schallkopfpositionen wurden in der vorliegenden human- und veterinärmedizinischen Literatur keine Angaben gemacht.

Infolgedessen musste die Positionierung auf der Medianen zum Erreichen eines Sagittalschnittes subjektiv bestimmt werden. Dieser Umstand macht die Vergleichbarkeit der angefertigten Bilder der verschiedenen Probanden fraglich. Da sich aber die anatomischen Strukturen bei geringer Abweichung von der Medianen nach lateral kaum unterscheiden, da es sich in der Regel um flächige Strukturen wie Muskulatur handelt, sollte dieses Problem eine untergeordnete Rolle spielen. Schwieriger gestaltet sich die Standardisierung der lateralen Schallkopfposition. Eine leichte fächerförmige Bewegung des Schallkopfes wurde für die optimale Darstellung und Verfolgung von Strukturen durchgeführt, sodass eine Standardisierung dieser Schallkopfposition außerordentlich schwierig ist. In der transversalen Darstellung stellte sich die Standardisierung der drei Schallkopfpositionen ebenfalls problematisch dar, da entsprechende charakteristische, anatomische Orientierungspunkte fehlten. Letztendlich mussten die Schallkopfpositionen entsprechend der vorgenannten Literatur [30, 33] subjektiv bestimmt werden.

Diskussion der Ergebnisse

Die beschriebene Sonoanatomie der oberen Zungenbeinmuskulatur in dieser Studie entspricht im Wesentlichen den Ausführungen der human- [26, 27, 33] und veterinärmedizinischen Literatur [29, 37, 38]. Die sonografische Differenzierbarkeit der oberen Zungenbeinmuskeln voneinander wird in der zugänglichen Literatur konträr diskutiert [29, 30, 38]. In der vorliegenden Studie war die sonografische Differenzierung beider Muskeln voneinander lediglich im Transversalschnitt durch Form- und leichte Echogenitätsabweichungen in einigen Fällen möglich. Shawker et al. [33] machten übereinstimmende Beobachtungen in ihrer humanmedizinischen Studie. Es ist zu vermuten, dass die angewandte Technik eine wichtige Rolle für die Differenzierbarkeit verschiedener Strukturen einnimmt. Auch in den vorliegenden Untersuchungen waren die Echogenitätsunterschiede zwischen den Muskeln im Transversalschnitt lediglich mit dem 9L und ML6-15 Schallkopf zu erheben. Des Weiteren muss außerdem die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass eine beispielsweise bindegewebige Grenzfläche zwischen dem M. mylo- und geniohyoideus, aufgrund des mangelhaften orthograden Anschallens, nicht dargestellt wurde. In der vorliegenden Studie gelang die Darstellung des weichen Gaumens durch Herstellung eines Gewebekontaktes von Zunge und Gaumensegel. In der veterinärmedizinischen Literatur war die Darstellung des Gaumensegels nicht möglich [29, 30]. Bei Bray et al. [31] und Poulsen Nautrup [38] ist durch die Beschreibung der Grenzfläche von Zungenoberfläche zur Maulhöhle als stark echogene Linie und in Ermangelung einer sonografischen Beschreibung des Gaumens ebenfalls von dieser Tatsache auszugehen. In humanmedizinischen Untersuchungen wird gleichermaßen von einer stark hyperechogenen Linie im Bereich des Überganges der Zungenweichteile zur Luft im Oropharynx berichtet [26, 27, 33]. Die Abweichung der Ergebnisse dieser Studie, hinsichtlich der Darstellbarkeit des weichen Gaumens, im Vergleich zur Literatur ist vermutlich in den abweichenden Untersuchungszielen zu sehen. Sowohl bei Solano und Penninck [29], Bray et al. [31] als auch bei Rudolf [30] stand die Untersuchung anderer oropharyngealer Strukturen wie Zunge, Pharynx oder Larynx im Vordergrund. Die mangelnde Beschreibung des sonografischen Bildes des Gaumensegels beim Menschen ist einerseits ebenfalls in abweichender Zielstellung und andererseits

vermutlich auch in den anatomisch abweichenden Verhältnissen zu begründen [28, 33].

Der weiche Gaumen stellte sich überwiegend als hypoechogene Struktur dar. Detaillierte Aussagen zur Echotextur konnten nicht getroffen werden. Im Gegensatz zu den Vermutungen von Solano und Penninck [29] war der Echogenitätsunterschied zwischen Zunge und weichem Gaumen deutlich. Die Untersuchung im Wasserbad ermöglicht eine Reduktion der Grenzflächenbildung zwischen Regionen mit stark differierender akustischer Impedanz, beispielsweise zwischen Gaumen und Luft. Daraufhin war die Identifikation einer Gaumensegelechotextur erfolgreich. Die Echotextur entsprach im Wesentlichen den Ergebnissen der intraoralen und isolierten Untersuchung des Organs im Wasserbad. Die Darstellbarkeit von oropharyngealen Strukturen wird laut Epstein und Stone [28] aufgrund der Hydratation des Gewebes im Wasserbad verstärkt. Die dorsale hyperechogene Begrenzung des Gaumensegels in der Nativuntersuchung, entspricht der Grenzfläche zwischen Gaumensegel und Luft im Nasopharynx und weniger einer dargestellten Gaumenkontur. Im weiteren posterioren Verlauf des weichen Gaumens ist dagegen oftmals ein Gewebekontakt zwischen Gaumensegel und dorsal davon gelegener Pharynxmuskulatur zustande gekommen. Infolgedessen wurde auch eine Darstellung der dorsalen Kontur des posterioren Anteils des weichen Gaumens zum Teil möglich.

Die laterale Schallkopfposition ermöglichte die Darstellung des kaudalen Anteils des Gaumensegels. Die Interpretation ist jedoch aufgrund der nicht standardisierbaren und schrägen Anschallung des Gaumens in dieser Position erschwert. So ist es im speziellen Fall nicht möglich festzustellen, ob der kaudal dargestellte Anteil des weichen Gaumens tatsächlich dem medianen Kaudalrand des Gaumensegels entspricht. Es fehlen Orientierungspunkte, sodass es sich alternativ um den Übergang von Gaumensegel zur seitlichen Pharynxwand handeln könnte. Die laterale Schallkopfposition ermöglichte die Darstellung der dorsal des Gaumensegels gelegenen Rachenmuskulatur in Form des M. palato- und M. pterygopharyngeus. Diese beiden Muskeln sind sonografisch nicht zu unterscheiden. Vermutlich ist dies in der engen anatomischen Beziehung beider Muskeln begründet, da beide im Bereich des Flügelbeins (der M. palatopharyngeus zusätzlich im Bereich des Gaumenbeins) entspringen und im Bereich der Rachenfaszie ansetzen [39]. Auffallend ist die subjektiv deutliche Prominenz beider Muskeln bei den brachycephalen Tieren. Diese Beobachtung kann vermutlich mit der Hyperplasie der pharyngealen Weichteile, die eine Ursache für die Stenosierung der Atemwege und dem daraus resultierenden Brachycephalen Atemnotsyndrom darstellt [40, 41], erklärt werden. Auch im Wasserbad fällt bei diesen Tieren auf, dass der weiche Gaumen vor allem im anterioren und mittleren Bereich im Vergleich dicker ist.

Zusammenfassung/Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie gelang die Darstellung des weichen Gaumens durch Herstellung eines Gewebekontaktes zwischen Zunge und Gaumensegel im mittleren Gaumensegelabschnitt, sowie anteilsweise im posterioren Bereich des weichen Gaumens. In den überwiegenden Fällen war die Darstellung der ventralen und dorsalen Begrenzung des Gaumensegels möglich. Die Darstellung des Kaudalendes des Gaumensegels ist dagegen im Sagittalschnitt nicht möglich. Die Ursachen dafür liegen einerseits in dem mangelnden Gewebekontakt zwischen dem posterioren Anteil des Gaumensegels und dem umliegen-

den Gewebe. Die daraus resultierenden geringen Gasmengen zwischen den Strukturen erschweren somit eine sonografische Untersuchung dieser Region. Andererseits verhindern Strukturen wie Zungenbeinanteile die Darstellung, sodass auf nicht standardisierbare Schallkopfpositionen ausgewichen werden muss. Die sonografische Längenmessung und Dickenmessung des Gaumensegels ist somit schwierig möglich. Ebenso sind Aussagen zur Echotextur des weichen Gaumens nur eingeschränkt möglich.

Literatur

- Zöller JE, Kübler AC, Lorber WD et al. Kraniosynostosen. In: *Kraniofaziale Chirurgie: Diagnostik und Therapie kraniofazialer Fehlbildungen*. Stuttgart: Thieme Verlag, 2003: 17–19
- Oechtering GU, Schlüter C, Lippert JP. Brachycephaly in dog and cat: a "human induced" obstruction of the upper airways. *Pneumologie* 2010; 64 (7): 450–452
- Farquharson J, Smith DW. Resection of the soft palate in the dog. *J Am Vet Med Assoc* 1942; 100: 427–430
- Aron DN, Crowe DT. Upper airway obstruction. General principles and selected conditions in the dog and cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1985; 15 (5): 891–917
- Lorinson D, White RM. Brachycephalic airway obstruction syndrome – a review of 118 cases. *Canine Practice* 1997; 22: 18
- Holt DE. *Laryngoscopy and Pharyngoscopy*. In: *King IG Textbook of respiratory disease in dogs and cats*. 110. St. Louis, Missouri: Saunders, 2004
- Poncet CM, Dupre GP, Freiche VG et al. Long-term results of upper respiratory syndrome surgery and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs. *J Small Anim Pract* 2006; 47: 137–142
- Torrez CV, Hunt GB. Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstruction syndrome in dogs in Australia. *J Small Anim Pract* 2006; 47 (3): 150–154
- Oechtering TH, Oechtering GU, Nöller C. Strukturelle Besonderheiten der Nase brachycephaler Hunderassen in der Computertomographie. *Tieraerztl Prax* 2007; 35: 177–187
- Riecks TW, Birchard SJ, Stephens JA. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991–2004). *J Am Vet Med Assoc* 2007; 9: 1324–1328
- Ginn JA, Kumar MS, McKiernan BC et al. Nasopharyngeal turbinates in brachycephalic dogs and cats. *J Am Anim Hosp Assoc* 2008; 44 (5): 243–249
- Harvey CE. Upper airway obstruction surgery 2: Soft palate resection in brachycephalic dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 1982; 18: 538–544
- Bernaerts F, Talavera J, Leemans J et al. Description of original endoscopic findings and respiratory functional assessment using barometric whole-body plethysmography in dogs suffering from brachycephalic airway obstruction syndrome. *Vet J* 2010; 183 (1): 95–102
- Hendricks JC. Recognition and treatment of congenital respiratory tract defects in brachycephalics. In: *Bonagura JD, Kirk RW. Kirk's Current Veterinary Therapy XII Small Animal Practice*. Toronto: Saunders, 1995: 892–894
- Wappler F, Tonner PH, Bürkle H. Hereditäre Malformations syndrome. In: *Anästhesie und Begleiterkrankungen: perioperative Management des kranken Patienten*. 444 Stuttgart: Thieme Verlag, 2006
- Kirberger RM, Steenkamp G, Spotswood TC et al. Stenotic Nasopharyngeal Dysgenesis in the Dachshund: Seven Cases (2002–2004). *J Am Anim Hosp Assoc* 2006; 42: 290–297
- Tams TR. *Pharyngoscopy*. In: *Small animal endoscopy*. 304. St. Louis: Mosby, 1990
- Rosaspina M. Vergleichende Untersuchungen am oberen Respirations trakt bei Norwich Terriern, brachycephalen Hunden und mesocephalen Hunden. [Dissertation med vet]. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich; 2005; 9: 32–42
- van Venker-Haagen AJ. *Pharyngoscopy*. In: *Ear, nose, throat, and tracheobronchial diseases in dogs and cats*. 89. Hannover: Schlütersche, 2005
- Ford RB, Mazzaferro EM, Kirk RW et al. In: *Kirk and Bistner's handbook of veterinary procedures and emergency treatment*. 312. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders, 2006
- Warzee CC, Bellah JR, Richards D. Congenital unilateral cleft of the soft palate in six dogs. *J Small Anim Pract* 2008; 42 (7): 338–340

- 22 Waldron DR, Smith MM. Salivary mucoceles. *Probl vet med* 1991; 3 (2): 270–276
- 23 Beck ER, Withrow SJ, Mc Chesney AE et al. Canine tongue tumors, a retrospective review of 57 cases. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 22: 525–532
- 24 Vos JH, van der Gaag I. Canine and Feline Oral-Pharyngeal Tumours. *J Vet Med A* 1987; 34: 420–427
- 25 Alef M. Anästhesie und Intensivbetreuung beim brachycephalen Patienten. Vortrag auf dem 54. Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Kleintiermedizin 2008
- 26 Frühwald F. Mundhöhle und Oropharynx. In: Czemberek H, Frühwald F, Gritzmann N. *Kopf-Hals-Sonographie*. 74. Wien: Springer Verlag, 1988
- 27 ro H, Uttenweiler V, Zenk J. Sonographie von Mundboden, Zunge und Oropharynx. In: *Kopf-Hals-Sonographie*. Berlin: Springer Verlag, 2000
- 28 Epstein MA, Stone M. The tongue stops here: Ultrasound imaging of the palate. *J Acoust Soc Am* 2005; 118 (4): 2128–2131
- 29 Solano M, Penninck DG. Ultrasonography of the canine, feline and equine tongue: normal findings and case history reports. *Vet Rad & Ultrasound* 1996; 37 (3): 206–213
- 30 Rudolf H. Ultrasonographic imaging of the tongue and larynx in normal dogs. *J Small Anim Pract* 1997; 38: 439–444
- 31 Bray JP, Lipscombe VJ, White RAS et al. Ultrasonographic examination of the pharynx and larynx of the normal dog. *Vet Rad & Ultrasound* 1998; 39 (6): 566–571
- 32 Kiefer J, Kiefer I. Nichtionisierende Strahlen und Ultraschall. In: *Allgemeine Radiologie. Strahlenanwendung-Strahlenwirkung-Strahlenschutz*. 12. Berlin, Wien: Blackwell Verlag GmbH, 2003
- 33 Shawker TH, Somies BC, Stone M. Soft tissue anatomy of the tongue and floor of the mouth: an ultrasound demonstration. *Brain And Language* 1984; 21: 335–350
- 34 Hirai T, Tanaka O, Koshino H et al. Ultrasound observations of tongue motor behavior. *Prosthet Dent* 1991; 65: 840–844
- 35 Zwingenberger A, Wisner E. Neck. In: Penninck DD'Anjou MA *Atlas of small animal ultrasonography*. 96. Blackwell Publishers, 2007
- 36 Reese S. Hypothyreose – Sonographische Diagnostik beim Hund. *Fachpraxis* 2008; 54: 36–40
- 37 Wisner ER, Nyland TG, Mattoon JS. Neck. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders, 2002
- 38 Poulsen Naustrup C, Tobias R. Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. Hannover: Schlütersche Verlag, 2007: 83–84
- 39 Thomé H. Mundhöhle und Schlundkopf. In: Nickel R, Schummer A, Seiferle E. *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band II Eingeweide*. 44 Berlin, Hamburg: Parey Verlag, 2004
- 40 Cook WR. Observations on the upper respiratory tract of the dog and cat. *J Small Animal Pract* 1964; 5 (4): 309–329
- 41 Orsher RJ. Brachycephalic airway disease. In: Bojrab MJ. *Disease Mechanisms in Small Animal Surgery*. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders, 1993: 369–370

3.2 Sonographische Messung der Gaumensegeldicke beim Hund im Vergleich zur computertomographischen Messung

Originalartikel

1

Sonographische Messung der Gaumensegeldicke beim Hund im Vergleich zur computertomographischen Messung

C. Köhler; M. Alef; F. Eberhardt; G. Oechtering; I. Kiefer

Klinik für Kleintiere der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Schlüsselwörter

Brachycephalie, weicher Gaumen, Oropharynx, Gaumensegelhyperplasie, Bildgebung

Zusammenfassung

Ziel: Die Studie diente dem Vergleich der Verfahren Sonographie und Computertomographie (CT) zur Dickenmessung des weichen Gaumens an definierten Punkten am normozephalen Hund. **Material und Methoden:** Das Probandengut umfasste 15 normozephale Hunde. Die CT-Untersuchung der anästhesierten Tiere erfolgte in Brust-Bauch-Lage unter Verwendung einer Lagerungshilfe zur Fixation des Oberkiefers, die Sonographie in Rückenlage bei submental und midsagittal aufgesetztem Schallkopf. Zur Messung des kranialen und mittleren Gaumensegelanteils wurden zwei Messpunkte (MP) definiert (MP1: 1 cm kaudal des Übergangs vom harten zum weichen Gaumen; MP2: am Ursprung der dorsal vom Gaumensegel gelegenen Pharynxmuskulatur). Untersucht wurde die Übereinstimmung der wiederholten Messwerte innerhalb einer Messmethode sowie die Übereinstimmung der Werte zwischen den beiden Verfahren (Sonographie und CT). **Ergebnisse:** Innerhalb einer Methode ergab sich bei wiederholten Messungen eine sehr gute Übereinstimmung. Beim Vergleich der Werte der beiden Messmethoden zeigten sich Abweichungen für den ersten Messpunkt und in noch stärkerem Ausmaß für den zweiten Messpunkt. Statistisch gesehen bestand eine sonographische Überschätzung der Messung via CT um bis zu 0,26 cm für den ersten Messpunkt und um bis zu 0,79 cm für den zweiten Messpunkt. **Schlussfolgerung:** Aufgrund der deutlichen Abweichungen der Messergebnisse sind beide Messmethoden nicht austauschbar. Die gute Reliabilität der Sonographie bei wiederholten Messungen lässt vermuten, dass die ermittelten Abweichungen die Folge der abweichenden Untersuchungsbedingungen bei beiden Verfahren sind. Somit könnte die Sonographie ein schnelles, nicht invasives Verfahren zur Messung der Gaumensegeldicke darstellen, wenn die angewendete Messmethode einer klinischen Überprüfung standhält.

Key words

Brachycephalia, soft palate, oropharynx, hyperplasia soft palate, diagnostic imaging

Summary

Objective: The aim of this study was to measure the thickness of the soft palate at specific locations in normocephalic dogs using sonography and computed tomography (CT), and to subsequently compare the two different methods. **Material and methods:** A total of 15 normocephalic dogs were examined under general anesthesia. The CT was performed while patients were in a sternal recumbent position, their mouth held open by placing their upper jaw on a positioning device. Dorsal recumbency together with submental and midsagittal positioning of the transducer were chosen for sonography. Measurements were made in both sonographic and reconstructed sagittal CT images. Two measuring points (MP) were defined for measuring the cranial and the middle part of the soft palate (MP1: 1 cm caudal to the transition from the hard to the soft palate; MP2: at the origin of the dorsal pharyngeal muscles). It was investigated whether repeated procedures with one measuring method provided consistent values and, furthermore, whether the two different measuring methods (sonography and CT) provided comparable data. **Results:** The data acquired by repeat measurements within one method corresponded very well. However, the data provided by the two different measurement methods showed varying results for the first measuring point and was even greater for the second measuring point. Sonography overestimated the measurements obtained by CT by up to 0.26 cm for MP1 and up to 0.79 cm for MP2. **Conclusion:** Due to the significant discrepancies in their results, the two measurement methods are not interchangeable. Sonography showed good reliability for repeat measurements. Consequently, the variable values between CT and sonography appeared to result from differing examination conditions. Sonography may be a rapid and non-invasive diagnostic tool to measure soft palate thickness if the applied method proves to be applicable in clinical practice.

Korrespondenzadresse

Claudia Köhler
Klinik für Kleintiere
der Universität Leipzig
An den Tierkliniken 23
04103 Leipzig
E-Mail: koehler@kleintierklinik.uni-leipzig.de

Sonographic measurement of soft-palate thickness and comparison with the measurement by computed tomography

Tierärztl Prax 2014; 42 (K): in Druck
Eingegangen: 12. August 2012
Akzeptiert nach Revision: 15. Juli 2013

Einleitung

Bei brachyzephalen Hunden mit Atemnotsyndrom wird neben der häufigen Gaumensegelelongation (4, 8, 12, 20) eine massive Verdickung des weichen Gaumens als kennzeichnende strukturelle Fehlbildung beschrieben (7, 9, 13, 16, 17). Nach Oechtering et al. (17) kann der weiche Gaumen eines 10 kg schweren brachyzephalen Hundes erfahrungsgemäß dreimal dicker sein als der eines normozephalen Hundes mit 40 kg Körpergewicht. Die Gaumensegelhyperplasie führt bei brachyzephalen Tieren – zusätzlich zu der bereits bestehenden pharyngalen Weichteilhyperplasie – zu einer Verengung und Obstruktion von Naso- und Oropharynx (2, 7). In einer Untersuchung von Grand et al. (9) wiesen brachyzephalere Tiere mit schwerer Atemnotsymptomatik signifikant dickere Gaumensegel auf als Tiere mit leichter Symptomatik und Kontrollhunde. Neben der Einengung des Nasenrachens durch das verdickte Gaumensegel bestehen beim brachyzephalen Hund weitere anatomische Engstellen in den oberen Atemwegen (16, 17). Die Bestimmung des Ausmaßes der Gaumensegelhyperplasie und demzufolge die Einschätzung deren Anteil am Brachyzephalensyndrom ist von großem Interesse und kann den weiteren therapeutischen Plan beeinflussen.

Der Nachweis einer Gaumensegelelongation erfolgt in der Regel durch die makroskopische oder endoskopische Pharyngoskopie (7, 21). Eine Aussage zur Dicke des Gaumensegels ist damit nur eingeschränkt möglich. Bildgebende Verfahren erlauben durch die Möglichkeit der Vermessung von anatomischen Strukturen die objektive Bearbeitung dieser Fragestellung. Neben der

Röntgenuntersuchung (7) bieten sich Schnittbildverfahren wie Computertomographie (CT) (3, 5, 9, 15) und Magnetresonanztomographie (MRT) an (7, 11, 23). In eigenen Untersuchungen wurde die sonographische Darstellung des weichen Gaumens beim Hund anhand von Tierkörpern untersucht (14). Durch submentales Aufsetzen des Schallkopfes gelingt die sonographische Darstellung des weichen Gaumens im kranialen und mittleren Gaumenabschnitt und anteilsweise im kaudalen Gaumensegelbereich. Der sich hypoechogen darstellende weiche Gaumen weist in der Regel eine mondsichelähnliche Form auf. Der Übergang vom harten zum weichen Gaumen ist in der kranialen Schallkopfposition gekennzeichnet durch das bogenförmige Absenken der hyperechogenen distalen Begrenzung des weichen Gaumens nach dorsal in Richtung Nasopharynx. Nach ventral lässt sich der weiche Gaumen durch eine hyperechogene Linie vom Zungenparenchym abgrenzen (► Abb. 1). Im Bereich des mittleren Abschnitts des Gaumensegels zeigen sich zwei den hypoechogenen weichen Gaumen begrenzende hyperechogene Linien, die geringgradig divergierend verlaufen. Der freie kaudale Gaumensegelrand ist auch in der weiter kaudal lokalisierten Schallkopfposition aufgrund von residuellem intraoropharyngalem Gas, welches das Kaudalende des Gaumensegels umgibt, nicht einsehbar. Dorsal der mittleren Gaumensegelregion wird in der kaudalen Schallkopfposition außerdem hypoechogenes Gewebe mit zarter hyperechogener Längsstreifung erkennbar, wobei es sich um die dorsal gelegene Pharynxmuskulatur handelt (14) (► Abb. 1b).

Eine zuverlässige sonographische Längenmessung des weichen Gaumens ist aufgrund des nicht vollständig darstellbaren Kaudal-

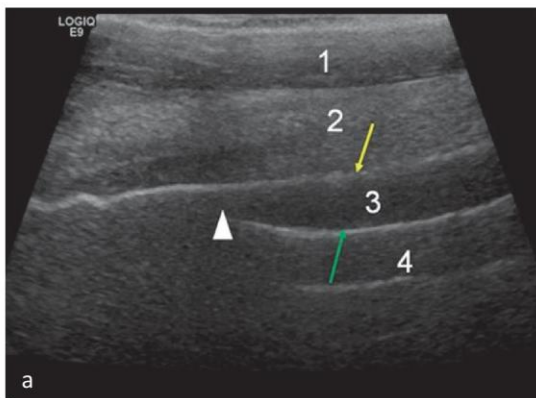


Abb. 1 Sagittale Ultraschallbilder in der kranialen (a) und kaudalen Schallkopfposition (b) zur Dickenmessung des kranialen (a) und mittleren (b) Gaumensegels. Pfeilspitze: Übergang vom harten zum weichen Gaumen (a); grüner Pfeil: dorsale hyperechogene Linie entspricht der Grenzfläche zwischen Gaumensegel und Nasopharynx; gelber Pfeil: hyperechogene Grenzfläche zwischen Zunge und Gaumensegel; Stern: dorsal gelegene Pharynxmuskulatur (b); Blockpfeil: Übergangsbereich zur dorsal gelegenen Pharynxmuskulatur; der freie Rand des Gaumensegels ist nicht darstellbar (b); 1 = Zungenbeinmuskulatur; 2 = Zungenbinnenmuskulatur; 3 = Gaumensegel; 4 = Nasopharynx

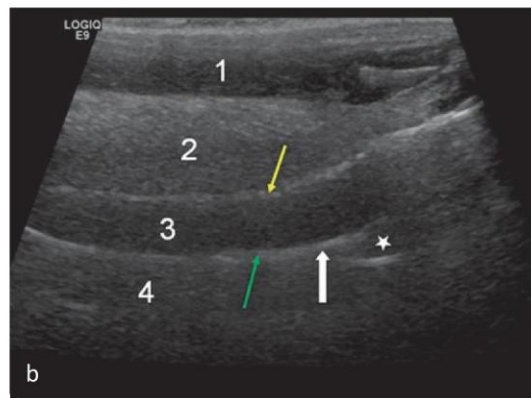


Fig. 1 Sagittal sonographic images of the soft palate in positions 1 (a) and 2 (b) for thickness measurements of the cranial and middle part of the soft palate. Arrowhead: transition from the hard to the soft palate (a); green arrow: hyperechoic line representing the interface between the soft palate and the nasopharynx; yellow arrow: hyperechoic interface between the tongue and the soft palate; asterisk: dorsal pharyngeal muscles (b); thick arrow: transitional area to the dorsal pharyngeal muscles; free margin of the soft palate is not detectable (b); 1 = hyoid bone musculature; 2 = internal tongue tissue; 3 = soft palate; 4 = nasopharynx.



Abb. 2 a) Patientenlagerung für die CT-Untersuchung des Kopfes; intubierter Hund in Brust-Bauch-Lage, Lagerungshilfe zur Fixation des Oberkiefers zur parallelen Ausrichtung des harten Gaumens zum Tisch zur Gewährleistung des freien Schwebens des Gaumensegels im Oropharynx; b) Patientenlagerung für die Ultraschalluntersuchung in Schallkopfposition 1; Hund in Rückenlage bei überstrecktem Hals, geschorener Bereich von Pars incisiva der Mandibula bis Kehlkopf, aufgesetzter Linearschallkopf in Längsrichtung auf der Medianen, Schallkopf positioniert auf der Hälfte der Strecke zwischen Pars incisiva der Mandibula und Kehlkopf



Fig. 2 a) Patient recumbency for the CT-examination of the head; intubated dog in sternal recumbency, fixation of the upper jaw using a supportive system to bring the hard palate in a parallel position to the table to allow free floating of the soft palate in the oropharynx; b) patient positioning for the sonographic examination in transducer position 1; dog in dorsal recumbency with the neck in hyperextension; the area of examination is clipped from the incisor part of the mandible to the larynx, linear transducer is positioned median in the longitudinal plane, half distance between the incisor part of the mandible and the larynx.

endes des Gaumensegels im medianen Sagittalschnitt nicht möglich. Der Nachweis der ventralen und dorsalen Gaumensegelkontur im mittleren Abschnitt des Gaumensegels erlaubt hingegen die sonographische Dickenmessung in dieser Region (14).

Ziel der vorliegenden Studie war, die Gaumensegeldicke an definierten Punkten beim normozephalen Hund vergleichend mit Sonographie und anhand computertomographischer Schnittbildern zu bestimmen. Die Evaluierung der sonographischen Dickenmessung dient als Grundlage zur Etablierung einer nichtinvasiven bildgebenden Methode, die im Gegensatz zu den gegenwärtig eingesetzten Verfahren eine zügige Einschätzung der Gaumensegeldicke am wachen Patienten ermöglichen könnte.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten an 15 normozephalen Hunden. Einschlusskriterium war eine Körpermasse von 5–25 kg¹. Die 10 Rüden (66,7%) und fünf Hündinnen (33,3%) im durchschnittlichen Alter von 7 Jahren (2–12 Jahre; Standardabweichung 3 Jahre) hatten eine mittlere Körpermasse von 13,6 kg (6–24 kg; Standard-

abweichung 6,3 kg). Keiner der Probanden wies eine offensichtliche Erkrankung im Kopfbereich auf. Bei allen Hunden wurde die Diagnostik zur Abklärung von Erkrankungen der unteren Atemwege durchgeführt.

Für die computertomographische Untersuchung stand ein Mehrzeilen-Spiral-CT (PHILIPS Mx8000 Brilliance, 6-Zeilen, Philips Medizin Systeme GmbH, Hamburg) zur Verfügung. Bei der Ultraschalluntersuchung kam das Gerät GE Logiq E9 mit dem Schallkopf 9L (GE Medical Systems Deutschland GmbH & Co KG, Solingen, Deutschland) zum Einsatz. Der verwendete Linearschallkopf verfügt über eine im B-Bild umschaltbare Frequenz von 2,5–10 MHz und eine Auflagefläche von 49 x 9 mm.

Untersuchungsablauf

Nach Prämedikation mit Diazepam (0,5 mg/kg i. v.; Diazepam ratiopharm[®]; Fa. Ratiopharm) und Atropinsulfat (0,05 mg/kg i. v.; Atropin[®]; Fa. Braun, Melsungen AG) erfolgte die Einleitung der Narkose mit Ketamin (3 mg/kg i. v.; Ketavet[®]; Fa. Pfizer Pharmacia, Berlin) und Xylazinhydrochlorid (0,3 mg/kg i. v.; Xylazin 2%[®]; Albrecht GmbH, Aulendorf). Anschließend wurde die Anästhesie als Inhalationsnarkose mit Isofluran (IsoFlo[®], Essex Tierarznei, München) 1,5% und Sauerstoff unter kontrollierter Beatmung aufrechterhalten.

Zunächst erfolgte die CT-Untersuchung des Kopfes der in Brust-Bauch-Lage positionierten Hunde. Eine Lagerungshilfe zur Fixation des Oberkiefers ermöglichte die Ausrichtung des harten

¹ Rassezugehörigkeit, Geschlecht, Alter und Körpermasse der Tiere sind einer zusätzlichen Online-Tabelle (Tab. 2) zu entnehmen, die auf der Internetseite der Zeitschrift (www.tierarztliche-praxis.de; siehe Inhaltsverzeichnis der Ausgabe 1/2014) kostenlos heruntergeladen werden kann.

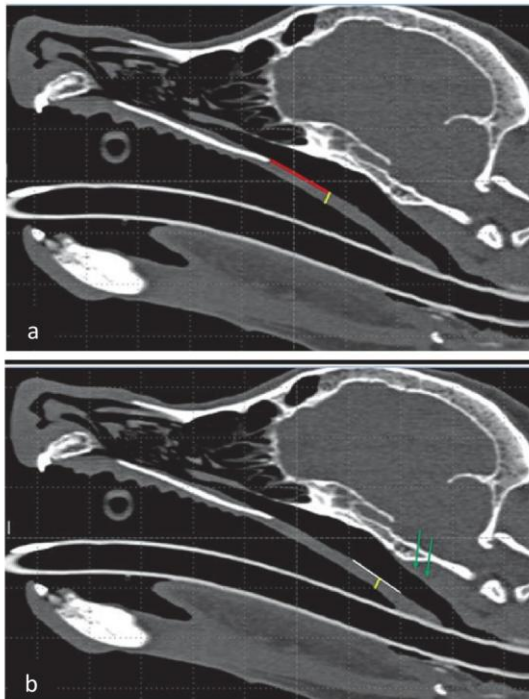


Abb. 3 Sagittales CT-Bild vom Kopf eines Hundes in der medianen Schnittebene, Bestimmung von Messpunkt C1 (a) und C2 (b); rote Linie: Abmessung von 1 cm kaudal des Übergangs vom harten zum weichen Gaumen (a); gelbe Linie: Senkrechte zur Messung der Dicke des kranialen (a) und mittleren (b) Gaumensegelanteils; weiße Linie: Strecke im Konturverlauf des mittleren Gaumensegelanteils (b); grüne Pfeile: dorsal gelegene Pharynxmuskulatur als anatomische Orientierung (b)

Fig. 3 Midsagittal CT-image of the head of a dog in the median sectional plane, determination of the measurement points C1 (a) and C2 (b); red line: measurement starts 1 cm caudal to the transition from the hard to the soft palate (a); yellow line: perpendicular line for measuring the thickness of the cranial (a) and the middle (b) parts of the soft palate; green arrows: the dorsally located pharyngeal muscles used as anatomical orientation (b).

Gaumens parallel zum Tisch und das freie Schweben des Gaumensegels im Oropharynx ohne Kontakt zum umliegenden Gewebe bei geöffnetem Fang (► Abb. 2a). Die Werte für Röhrenstrom und Spannung betragen 150 mAs und 120 kV bei automatischer Dosisanpassung. Es wurden eine Schichtdicke von 1 mm, ein Pitch von 0,6 und ein Inkrement von -0,5 gewählt. Das für jeden Patienten individuell festgelegte „Field of View“ reichte vom Nasenspiegel bis zum ersten Halswirbel.

Die sonographische Untersuchung fand im Anschluss an alle regulär geplanten Untersuchungen oder Eingriffe statt. Die Hunde wurden dafür extubiert und in Rückenlage mit gestrecktem Hals gebracht. Nach Schür und Auftragen von Ultraschallgel im submentalen Bereich erfolgte die Beurteilung in zwei Schall-

kopfpositionen. Der Schallkopf wurde submental auf der Medianen in Längsrichtung bei moderatem Anpressdruck aufgesetzt (► Abb. 2b). Die erste Schallkopfposition befand sich auf der Hälfte der Strecke zwischen der Pars incisiva mandibulae und dem Kehlkopf, die zweite Schallkopfposition ebenfalls auf der Medianen ca. 2 cm weiter kaudal. Die Feinkorrektur erfolgte jeweils anhand des sonographischen Bildes. Die Schallfrequenz betrug bei allen Hunden 9 MHz. Weitere Geräteeinstellungen (Eindringtiefe, Gesamtverstärkung, tiefenabhängige Verstärkung und Position der Fokuszonen) wurden individuell an das Tier, an die Schallkopfposition und die Schallbedingungen angepasst. In beiden Schallkopfpositionen wurden pro Hund drei Bilder gespeichert, wobei die Positionen für jedes Bild neu aufgesucht wurden.

Durchführung der Messungen

Zur Auswertung der CT-Bilder diente die Bildbetrachtungs- und Verarbeitungssoftware efilm Workstation® 2.1 (Merge Healthcare, Chicago, Illinois). Die Beurteilung erfolgte anhand des rekonstruierten computertomographischen Sagittalschnitts mit einer Fensterlage von 300 (WL) und einer Fensterbreite von 2000 (WW). Der gleiche Untersucher nahm die Auswertung der Ultraschallbilder im Bildarchivierungs- und Befundungssystem Sonowin® (MESO international GmbH, Mittweida) vor. Für jede Modalität wurden zwei Lokalisationen zur Messung der Gaumensegeldicke festgelegt. Der Messpunkt C1 (CT) bzw. S1 (Sonographie, erste Schallkopfposition) bestimmte die Dicke des Gaumensegels 1 cm kaudal des Übergangs vom harten zum weichen Gaumen (► Abb. 3a, ► Abb. 4). Hierzu wurde eine Strecke im Konturverlauf des Gaumensegels über 1 cm angelegt (► Abb. 3a, ► Abb. 4a) und auf dieser ein Lot gefällt. Die Gaumensegeldicke ergab sich aus der Strecke von der dorsalen zur ventralen Gaumensegelkontur (► Abb. 3a, ► Abb. 4b). Für den Messpunkt C2 (CT) bzw. S2 (Sonographie, zweite Schallkopfposition) bildete der Ursprung der dorsal vom Gaumensegel gelegenen Pharynxmuskulatur die anatomische Orientierung (► Abb. 3b, ► Abb. 5). Die Vorgehensweise zur Messung der Gaumensegeldicke entsprach der für Messpunkt C1 und S1 beschriebenen Methodik (► Abb. 3b, ► Abb. 5b).

Die Einheit für die Messwerte war Zentimeter mit einer Dezimalstelle. Zur Ermittlung der Reliabilität wurden die Messungen pro Lokalisation dreimal in einem zeitlichen Abstand von mindestens 3 Tagen und maximal 14 Tagen wiederholt. Die CT-Bilder wurden für jede Messung aus den Rohdaten neu rekonstruiert und für die sonographischen Messungen die Datensätze ohne Messpunkte und Messlinien herangezogen. Die Messungen erfolgten bei allen sechs der pro Hund angefertigten Ultraschallbilder, um die Wiederholbarkeit der Messungen zu überprüfen.

Folgende Fragestellungen wurden bearbeitet:

1. Wie gut stimmen wiederholt bestimmte Messwerte innerhalb einer Messmethode überein (Reliabilität)?
2. Wie gut stimmen die ermittelten Messwerte der beiden Untersuchungsverfahren (Sonographie und CT) überein?

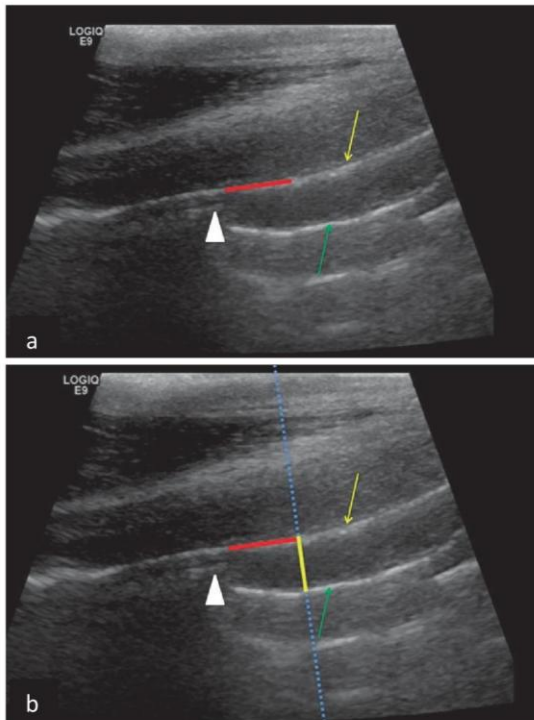


Abb. 4 Sagittales Ultraschallbild in Schallkopfposition 1 zur Dickenmessung des kranialen Anteils des Gaumensegels; Anlegen der 1 cm langen Strecke (rot) an die Grenzfläche zwischen Zunge und Gaumensegel (gelber Pfeil) (a); blaue Linie: Lotlinie (b), Messung der Gaumensegeldicke (Messpunkt S1) durch Ausmessung der Strecke (gelb) zwischen der Grenzfläche Zunge – Gaumensegel (gelber Pfeil) und der Grenzfläche Gaumensegel – Nasopharynx (grüner Pfeil) (b); Pfeilspitze: Übergang vom harten zum weichen Gaumen

Fig. 4 Sagittal sonographic image for measurement of the thickness of the cranial part of the soft palate in position 1; setting of a 1 cm long tangent (red) at the interface between the tongue and the soft palate (yellow arrow) (a); blue line: line perpendicular to the red line (b), obtaining the soft palate thickness (measuring point S1) by measuring the distance (yellow) between the tongue-soft palate interface (yellow arrow) and the soft palate-nasopharynx interface (green arrow) (b); arrowhead: transition from the hard to the soft palate.

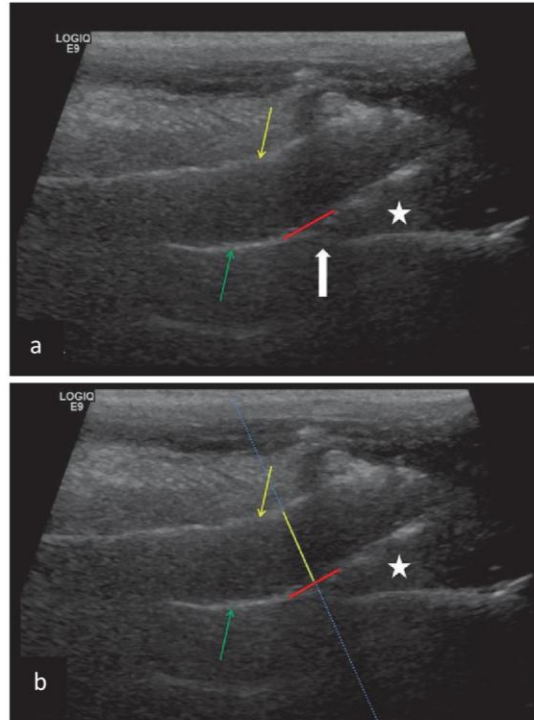


Abb. 5 Sagittales Ultraschallbild in Schallkopfposition 2 zur Dickenmessung des mittleren Anteils des Gaumensegels; Anlegen einer 1 cm langen Strecke (rot) an die dorsale Grenzfläche des Gaumensegels im Übergangsbereich zur dorsalen Pharynxmuskulatur (Blockpfeil) (a); blaue Linie: Lotlinie (b), Messung der Gaumensegeldicke (Messpunkt S2) durch Vermessung der Strecke (gelb) zwischen der hyperechogenen Grenzfläche Zunge – Gaumensegel (gelber Pfeil) und der hyperechogenen Grenzfläche Gaumensegel – Nasopharynx (grüner Pfeil) (b); Stern: dorsal gelegene Pharynxmuskulatur

Fig. 5 Sagittal sonographic image in probe position 2 for measurement of the thickness of the middle part of the soft palate; setting of a 1 cm long tangent (red) at the dorsal interface of the soft palate at the transition area to the dorsal pharyngeal muscles (thick arrow) (a); blue line: line perpendicular to the red line (b), measuring the thickness of the soft palate (measurement point S2) by measuring the dimension (yellow) between the hyperechoic tongue-soft palate interface (yellow arrow) and the hyperechoic soft palate-nasopharynx interface (green arrow) (b); asterisk: dorsal pharyngeal muscles.

Zur Überprüfung der Übereinstimmung von wiederholten Messwerten innerhalb eines Messverfahrens wurde als robustes Maß für die Standardabweichung die „mittlere absolute Abweichung vom Median“ (MAD = mean absolute deviation) für jeden Hund ermittelt. Bei den hierfür verwendeten Messdaten handelte es sich um die Ergebnisse der – mit den jeweiligen Untersuchungsverfahren – durchgeführten drei wiederholten Messungen pro Messpunkt. Zum Nachweis der Reproduzierbarkeit der sonographischen Bildgewinnung wurde die Vergleichbarkeit der Messergeb-

nisse aus den sechs Ultraschallbildern pro Hund (drei pro Messpunkt) ebenfalls mittels MAD beurteilt.

Zur Evaluierung der Übereinstimmung der mittels Sonographie bzw. CT ermittelten Messwerte diente, neben der Berechnung des MAD, eine graphische Darstellung in Form von Bland-Altman-Diagrammen. Hierfür wurden die Differenzen der Messwerte beider Methoden für die jeweilige Position (C1 und S1; C2 und S2) gegen den Mittelwert der Messwerte beider Methoden im Diagramm aufgetragen. Folglich wurden folgende statistische Para-

meter ermittelt: der Mittelwert der Abweichung (Bias) beider Messmethoden, die Standardabweichung (SD_{Bias}) sowie die Übereinstimmungsgrenzen (limits of agreement), wobei die obere und untere Übereinstimmungsgrenze als $+1,96 SD_{\text{Bias}}$ bzw. $-1,96 SD_{\text{Bias}}$ definiert waren. Die statistische Analyse erfolgte mithilfe der statistischen Software SigmaPlot 11.0 (Systat Software USA).

Ergebnisse

Die zur Überprüfung der Reliabilität ermittelten MAD-Werte ergaben für beide Messmethoden eine ausnahmslos sehr gute Übereinstimmung (MAD für alle Daten 0)². Bei der Auswertung hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der sonographischen Bildgewinnung zeigten die MAD-Werte ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung für Messpunkt S1. Lediglich bei einem Hund (Nr. 15) wurde für die Messung in der zweiten Schallkopfposition (S2) eine Abweichung der Messergebnisse ($MAD = 0,1$) ermittelt.

Die zur Untersuchung der Messwertübereinstimmung der beiden Messverfahren (Sonographie und CT) angefertigten Bland-Altman-Diagramme (► Abb. 6) ermöglichen das Ablesen der in ► Tab. 1 zusammengestellten relevanten statistischen Kenngrößen. Für die Messungen am **ersten Messpunkt** (S1 und C1) betrug der Mittelwert der Abweichung beider Messmethoden (MW) 0,08 cm mit einer Standardabweichung (SD_{Bias}) von 0,09 cm (► Abb. 6a, ► Tab. 1). Bei Betrachtung der Daten fällt auf, dass die Sonographie in 60% der Fälle ($n = 9$) höhere Werte lieferte als die CT, das heißt, die Gaumensegeldicke wurde in diesen Fällen sonographisch überschätzt. In 40% der Fälle ($n = 6$) stimmten die Messergebnisse von Sonographie und CT überein. Die sonographische Überschätzung der computertomographisch mit 0,48 cm ermittelten durchschnittlichen kranialen Gaumensegeldicke lag bei durchschnittlich 17%. Die zur Untersuchung der Messwertübereinstimmung von Sonographie und CT ermittelten MAD-Werte ergaben für den ersten Messpunkt (C1-S1) einen niedrigen MAD-Wert von durchschnittlich 0,05 ($MAD = 0-0,15$)³.

Die Auswertung der Größe der Übereinstimmungsgrenzen zeigt, dass die Sonographie – statistisch betrachtet – in 95% der Fälle Gaumensegeldicken darstellen kann, die bis zu 0,1 cm kleiner bzw. bis zu 0,26 cm größer sind als die computertomographisch ermittelten Werte ($d_{+} = d + 1,96 \times SD_{\text{Bias}}$). Es handelt sich dabei um eine theoretische statistische Auswertung mit statistischen Größen, die in der vorliegenden Studie nicht vorkamen.

Am **zweiten Messpunkt** (S2 und C2) betrug der MW 0,31 cm mit einer SD_{Bias} von 0,24 cm (► Abb. 6b). Die sonographisch ermittelten Messwerte waren bei allen Tieren höher als die computertomographisch bestimmten Werte. Die computertomographisch ermittelte durchschnittliche mittlere Gaumensegeldicke von 0,55 cm wurde sonographisch um durchschnittlich 56% über-

schätzt. Die MAD-Werte für die zweite Position ergaben eine MAD von durchschnittlich 0,16 ($MAD = 0,05-0,5$). Die Übereinstimmungsgrenzen zeigen bei theoretischer statistischer Betrachtung, dass die Sonographie in 95% der Fälle Gaumensegeldicken darstellt, die bis zu 0,17 cm kleiner und bis zu 0,79 cm größer sind als die computertomographisch ermittelten Werte.

Die Richtung der Punktwolke in den Bland-Altman-Diagrammen lässt erkennen, dass die Streuung der Abweichungen nicht von der Dicke des Gaumensegels abhängt (► Abb. 6). Für beide Messpunkte zeigte sich in den Bland-Altman-Diagrammen jeweils ein Ausreißer, die beide den gleichen Hund betrafen (Nr. 13).

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die Gaumensegel normozephaler Hunde anhand computertomographisch und sonographisch erzeugter Bilder vermessen. Die mithilfe von MAD-Werten bestimmte sehr gute Übereinstimmung der Messergebnisse innerhalb einer Methode (CT bzw. Ultraschall) spricht für eine hohe Reliabilität des jeweiligen Verfahrens. Die Messungen innerhalb einer Messmethode sind somit als reproduzierbar zu beurteilen.

Die zum Messmethodenvergleich herangezogenen Messwerte wurden mit beiden Methoden (CT bzw. Ultraschall) an jeweils zwei Messpunkten ermittelt. Die Auswertung der Messergebnisse des ersten Messpunkts spricht dafür, dass es kaum Hinweise auf eine systematische Abweichung zwischen der sonographischen und der computertomographischen Messmethode gibt (► Abb. 6a, ► Tab. 1). Die Betrachtung der Daten weist auf eine sonographische Überschätzung der Gaumensegeldicke von durchschnittlich 17% (0,08 cm) in 60% der Fälle hin. Die statistische Beurteilung der Übereinstimmungsgrenzen zeigt jedoch, dass die sonographisch erhobenen Gaumensegeldicken die mittels CT ermittelten Dicken um bis zu 0,26 cm überschätzen (► Abb. 6a, ► Tab. 1). Es muss berücksichtigt werden, dass es sich hierbei um eine theoretische statistische Auswertung handelt, deren statistische Größen in der vorliegenden Studie nicht auftraten. Die Beurteilung der Übereinstimmungsgrenzen erfolgt durch klinische Interpretation der Werte und ermöglicht damit die Einschätzung der Übereinstimmungsgüte (10). Bei einer in der vorliegenden Studie erhobenen durchschnittlichen Gaumensegeldicke von 0,5 cm (CT) mit einer Standardabweichung von jeweils 0,13 cm (gemessen am ersten Messpunkt) ist eine Überschätzung der Gaumensegeldicke um 0,26 cm als deutliche Abweichung anzusehen. Die ermittelte Übereinstimmungsgüte beider Messmethoden für den ersten Messpunkt muss daher als unbefriedigend bewertet werden.

Die Messergebnisse des zweiten Messpunkts weisen ebenfalls deutliche Abweichungen auf, die sich bei der Auswertung des MW, des MAD-Werts wie auch bei der Begutachtung der Übereinstimmungsgrenzen nachvollziehen lassen (► Abb. 6b). Folglich ist am zweiten Messpunkt keine befriedigende Übereinstimmung zwischen sonographisch und computertomographisch bestimmten Messwerten zu verzeichnen.

² Die MAD-Werte finden sich in einer zusätzlichen Online-Tabelle (Tab. 3).

³ Die MAD-Werte finden sich in einer zusätzlichen Online-Tabelle (Tab. 4).

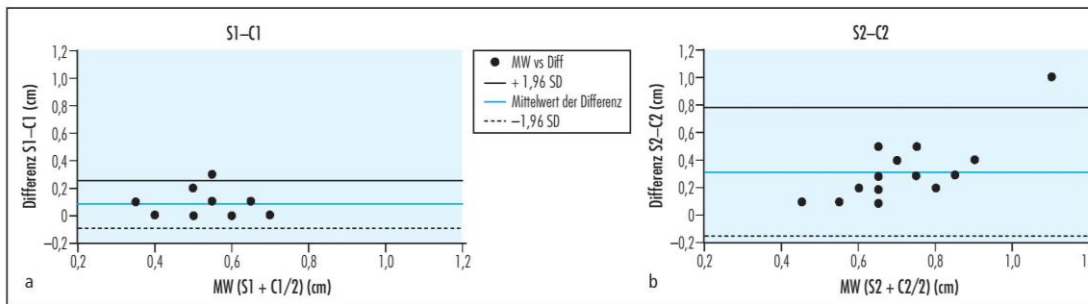


Abb. 6 Bland-Altman-Diagramm zum Vergleich der Messergebnisse der Messpunkte S1 und C1 (a) sowie S2 und C2 (b). S1/S2 und C1/C2 = erster/zweiter Messpunkt in der Sonographie bzw. im CT, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung. Identische Messergebnisse unterschiedlicher Hunde werden mit einem Punkt dargestellt. a) S1 – C1: Die bei nahezu Null (0,08 cm) liegende Mittelwertlinie der Differenz (blaue Linie) spricht für eine dezente systematische Abweichung zwischen beiden Methoden. Die schwarze und gestrichelte Linie zeigen einen großen Übereinstimmungsbereich mit sonographischer Überschätzung im Vergleich zur computertomographisch ermittelten Gaumensegeldicke von bis zu 0,26 cm. b) S2 – C2: Die bei 0,31 cm liegende Mittelwertlinie der Differenz (blaue Linie) spricht für eine systematische Abweichung zwischen beiden Methoden. Die schwarze und gestrichelte Linie zeigen einen im Vergleich zu Messpunkt 1 größeren Übereinstimmungsbereich mit sonographischer Überschätzung im Vergleich zur computertomographisch ermittelten Gaumensegeldicke von bis zu 0,79 cm.

Fig. 6 Bland-Altman-graph for comparison of the measurement results of the measurement points S1 and C1 (a) and S2 and C2 (b). S1/S2 and C1/C2 = first/second measurement point on sonography and on CT, respectively, MW = mean value, SD = standard deviation. Identical measurement values of different dogs are shown as one point. a) S1 – C1: Mean value line of the difference (blue line) close to zero (0.08 cm) indicates, that there is hardly any systematical variance between the two methods. The black line and the dotted line show a wide area of agreement with a sonographical overestimation of up to 0.26 cm in comparison to the soft palate thickness measured by CT. b) S2 – C2: The mean value line of the difference (blue line) is located at 0.31 cm indicates a systematical inconsistency between the two methods. The black line and the dotted line show a wide area of agreement that exceeds that of measurement point 1. A sonographical overestimation of up to 0.79 cm compared to soft palate thickness measured by CT is evident.

Da es sich in erster Linie um einen Messmethodenvergleich handelte, fanden die Untersuchungen an normozephalen Hunden ohne offensichtliche Erkrankungen im Pharynxbereich statt. Im klinischen Alltag stellt das Atemnotsyndrom des brachyzephalen Hundes die Hauptindikation für die Dickenmessung des Gaumensegels dar (13, 16, 17).

Die Wahl der Gewichtsklasse als Einschlusskriterium erfolgte aufgrund der Erfahrungen aus vorangegangenen sonographischen Untersuchungen (14). Bei sehr großen Hunden nahmen mit der Körpergröße auch die Schichtdicke der zu untersuchenden Region und die erforderliche Eindringtiefe zu. Infolgedessen können bei diesen Tieren hohe Frequenzen, die für eine optimale Auflösung wünschenswert sind, nur bedingt eingesetzt werden (14). Da die typischen brachyzephalen Hunderassen, die unter der Gaumensegelverlängerung und -verdickung leiden, überwiegend ein geringes bis mittleres Körpergewicht aufweisen, stellt die Begrenzung des Körpergewichts für die sonographische Untersuchung keine wesentliche Limitation des Untersuchungsverfahrens dar. Die Punktwolke in den Bland-Altman-Diagrammen lässt den Schluss zu, dass eine zunehmende Gaumensegeldicke die Übereinstimmungsgüte nicht verbessert (► Abb. 6). Eine Einschränkung des Einschlusskriteriums auf eine geringere, der Körpergewichtsklasse der typischen brachyzephalen Hunderassen entsprechende Spanne ist somit nicht erforderlich.

Im Vergleich zu Schnittbildverfahren wie CT und MRT ermöglicht die Sonographie im Allgemeinen die Untersuchung am wachen Patienten. Angesichts der erfahrungsgemäß risikobehafteten

Aufwachphase einer Narkose bei brachyzephalen Tieren (1, 20) sind Untersuchungsmethoden an solchen Patienten im Wachzustand von erheblichem Interesse. In der vorliegenden Studie wurden zu Vergleichszwecken sowohl die computertomographischen als auch die Ultraschalluntersuchungen am anästhesierten Patienten durchgeführt. Eine anästhesiebedingte Beeinflussung des muskulären Tonus des weichen Gaumens und infolgedessen eine Auswirkung auf die Ergebnisse der Gaumensegeldickmessung ist nicht auszuschließen (9). In Abhängigkeit von der Kooperationsbereitschaft des jeweiligen wachen Patienten muss eventuell eine

Tab. 1 Bland-Altman-Auswertung der sonographischen Messungen der Gaumensegeldicke im Vergleich zu den computertomographisch bestimmten Werten; S1/S2 = erster/zweiter Messpunkt in der Sonographie, C1/C2 = erster/zweiter Messpunkt im CT, MW = Mittelwert der Abweichung, SD_{Bias} = Standardabweichung, $\pm 1,96 \times SD_{Bias}$ = Grenzen der Übereinstimmung

Table 1 Bland-Altman-analysis of the sonographic soft palate measurements in comparison to the soft palate measurements using CT; S1/S2 = first/second measurement point on sonography, C1/C2 = first/second measurement point on CT, MW = mean deviation, SD_{Bias} = standard deviation, $\pm 1.96 \times SD_{Bias}$ = limits of agreement.

| Differenz S-C | Min (cm) | Max (cm) | MW (cm) | SD_{Bias} (cm) | -1,96 x SD_{Bias} (cm) | +1,96 x SD_{Bias} (cm) |
|---------------|----------|----------|---------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| S1 – C1 | 0 | 0,3 | 0,08 | 0,09 | -0,1 | 0,26 |
| S2 – C2 | 0,1 | 0,5 | 0,31 | 0,24 | -0,17 | 0,79 |

individuelle Variation der Tierposition in Erwägung gezogen werden. Gleichwohl wird für die Schilddrüsenultraschalluntersuchung neben der sitzenden Position auch die Rückenlage mit leicht überstrecktem Hals gewählt (19, 26), sodass diese Lagerung auch für die submentale Sonographie infrage kommt. Bei einem Patienten mit Dyspnoe wird die submentale Sonographie in Brust-Bauch-Lage oder sitzender Position empfohlen (22, 24).

Die größte Limitation der Studie stellt die unterschiedliche Lagerung der Patienten bei den beiden Untersuchungsverfahren dar. Bei der CT wurden die Tiere in Brust-Bauch-Lage verbracht und eine Lagerungshilfe zur Fixation des Oberkiefers bei geöffnetem Fang verwendet (► Abb. 2a). Dies ermöglichte das freie Schweben des Gaumensegels im Oropharynx, sodass sich das Gaumensegel aufgrund des umgebenden intraluminalen Gases im computertomographischen Schnittbild deutlich abgrenzte. Eine Kompression der pharyngealen Strukturen bei geschlossenem Maul, die zu einer verschlechterten Abgrenzbarkeit der Weichteile führt, wurde damit verhindert (15). Die Rückenlage des Patienten mit gestrecktem Hals, entsprechend der Lagerung für die sonographische Untersuchung, eignet sich für die CT aufgrund des geschlossenen Fangs und der daraus resultierenden schlechten Abgrenzbarkeit des Gaumens nicht (15). Die sonographische Untersuchung des weichen Gaumens gelingt dagegen nur unter Verdrängung von oropharyngaler freier Luft und Erzeugung von Gewebekontakt zwischen Zunge und weichem Gaumen (14). Trotz eines mäßigen Anpressdrucks ist beim submentalen Auflegen des Schallkopfes eine gewisse Kompression des Weichteilgewebes des Maulhöhlenbodens, der Zunge und vermutlich auch des weichen Gaumens zu erwarten. Da die sonographisch ermittelten Werte für die Gaumensegeldicke jedoch immer gleich oder höher waren als die computertomographisch bestimmten Werte, spielt dieser Aspekt eine untergeordnete Rolle.

Für die sonographische Untersuchung wurde der Patient in Rückenlage mit gestrecktem Hals und geschlossenem Fang verbracht (► Abb. 2b). Diese stark unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen bei beiden Verfahren bergen die Gefahr, dass durch eine differierende Gaumenmorphologie bei der Messung der Gaumensegeldicke abweichende Werte auftreten. Aus humanmedizinischen Untersuchungen ist bekannt, dass Gaumensegelquerschnittspositionen variieren (6). Caballero et al. (5) berichten von einer computertomographisch ermittelten Zunahme des Uvulaquerschnitts in Rückenlage bei Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe. Als mögliche Ursache wird ein verminderter venöser Blutfluss in Rückenlage angegeben, der zu einer vorübergehenden Ödematisierung und Verdickung des Gaumensegels führt (5). Die unterschiedliche Lagerung zur Realisierung der Untersuchung bei geschlossenem (Sonographie) bzw. geöffnetem Fang (CT) ist nach Autorenmeinung als Hauptursache für die abweichenden Messergebnisse anzusehen.

Aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Wirkprinzipien beider Messmethoden kann die Lagerung bei der sonographischen und computertomographischen Untersuchung jedoch nicht gleichsinnig vorgenommen werden. Dieser Punkt beeinflusst die

Vergleichbarkeit der Messergebnisse verschiedener Methoden, spielt jedoch für die Untersuchung auf Reliabilität innerhalb einer Methode statistisch keine Rolle. Deshalb ist es denkbar, trotz mangelnder Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen der CT-Untersuchung, durch sonographische Messung der Gaumensegeldicke Referenzbereiche für wache brachycephale Hunde in Rückenlage und sitzender Position aufzustellen. Die Durchführbarkeit am wachen Patienten muss noch überprüft werden. Erste klinische Erfahrungen deuten jedoch darauf hin, dass sich die Untersuchung am wachen Patienten relativ gut durchführen lässt. Die Einschätzung des Schweregrades der Hyperplasie ermöglicht den Rückschluss auf den individuellen Anteil der Gaumensegelhyperplasie am Brachycephalensyndrom. Dies wiederum könnte das weitere diagnostische (zusätzliche bildgebende Verfahren ja/nein) und therapeutische Vorgehen (z. B. Wahl eines chirurgischen Verfahrens zur Volumenreduktion des Gaumensegels allein oder in Kombination mit anderen Eingriffen zur Behandlung des Brachycephalensyndroms), beeinflussen. Die CT-Untersuchung bleibt indes das Verfahren der Wahl zur Beurteilung der Gaumensegeldicke am Patienten in Allgemeinanästhesie, zumal sie die Untersuchung der weiteren anatomischen Engstellen erlaubt.

Die für die Beurteilung aller CT-Bilder gewählte große Fensterung (WL 300, WW 2000) macht große Schwächungsunterschiede darstellbar und eignet sich für Weichteilgewebe, die von Luft umgeben sind (18). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Wahl der Fensterung die Messergebnisse beeinflussen kann (25).

Die Beurteilung der computertomographischen Bilder erfolgte mithilfe der multiplanaren Rekonstruktion der vormals transversalen Primärbilder in sagittale Bilder. Die Rekonstruktionsebene kann dabei akkurat orthogonal zu den transversalen Primärbildern gewählt werden. Dementgegen muss die submentale Positionierung des Schallkopfes auf der Medianen zum Erreichen eines Sagittalschnitts subjektiv bestimmt werden. Dies birgt die Gefahr einer schrägen Anschallung des Organs und kann zu falsch hohen Messergebnissen führen. Die sonographisch ermittelten höheren Messwerte im Vergleich zu denen der CT-Untersuchung könnten für diesen untersuchungsbedingten Unterschied in der vorliegenden Studie sprechen.

Die Wahl der Messpunkte erfolgte nach anatomischen Orientierungspunkten. Diese mussten sowohl in der CT- als auch in der Ultraschalluntersuchung nachweisbar sein. Orientierungspunkte waren in der kranialen Schallkopfposition der Übergang vom harten zum weichen Gaumen und in der kaudalen Schallkopfposition der Ursprung der dorsal des Gaumensegels gelegenen Pharynxmuskulatur. Ersterer ist sonographisch charakteristisch (► Abb. 1a) und ermöglicht, trotz unterschiedlicher Gaumensegellängen, annähernd die Dickenmessung des ersten Gaumensegeldrittels. Der zweite Orientierungspunkt muss hingegen als problematisch betrachtet werden, da sich die dorsal des Gaumensegels gelegene Pharynxmuskulatur unterschiedlich stark ausgeprägt präsentiert (5, 14) und sich der Ursprung dieser Muskeln sonographisch teilweise schwer darstellen lässt. Er erscheint damit als reproduzierbarer anatomischer Orientierungspunkt nicht optimal, muss-

Fazit für die Praxis

Die Gaumensegelvermessung mittels Sonographie und Computertomographie ergab klinisch relevante Abweichungen der Messergebnisse, sodass diese beiden Verfahren zur Ermittlung der Gaumensegeldicke bei Anwendung der beschriebenen Untersuchungsbedingungen nicht austauschbar sind. Grund für die differierenden Messwerte dürfte die verfahrenstechnisch notwendige unterschiedliche Lagerung der Hunde bei der Messung sein. Die ermittelte gute Reliabilität der sonographischen Messmethode unabhängig vom Messpunkt spricht für die Verlässlichkeit dieses Verfahrens. Seine klinische Anwendung erfordert die Ermittlung spezifischer sonographischer Referenzbereiche für die Gaumensegeldicke des Hundes. Wenn sich die sonographische Untersuchung des Gaumensegels in weiteren Untersuchungen als klinisch praktikabel zeigt, ermöglicht sie eine schnelle, nicht invasive Einschätzung der Gaumensegeldicke am wachen Patienten.

te jedoch in Ermangelung anderer charakteristischer anatomischer Orientierungspunkte am sonographischen Sagittalbild herangezogen werden. Die teilweise in der Literatur beschriebenen Messungen der Gaumensegeldicke ohne Nutzung definierter Messpunkte (11) sind nach Autorenmeinung aufgrund der Gaumensegelmorphologie als kritisch anzusehen. Bei Betrachtung der Daten werden die unterschiedlichen Ergebnisse in Abhängigkeit vom Messpunkt deutlich. Während am ersten Messpunkt die Sonographie in 40% der Fälle gleiche Werte lieferte wie die CT, lagen die sonographisch ermittelten Werte am zweiten Messpunkt bei allen Tieren über den computertomographisch erhobenen. Die sonographische Überschätzung der Gaumensegeldicke differierte ebenfalls erheblich in Abhängigkeit vom Messpunkt und betrug für Messpunkt 1 17% und für Messpunkt 2 56%. Die im Vergleich zum ersten Messpunkt noch deutlicheren Abweichungen der Messergebnisse am zweiten Messpunkt sind möglicherweise auf die geschilderte Problematik des kaudalen Orientierungspunkts zurückzuführen.

In den Bland-Altman-Diagrammen wird für beide Messpunkte ein Ausreißer deutlich, bei dem es sich in beiden Lokalisationen um Werte von Hund 13 handelt. Weder die Begutachtung der Daten zum Signalement (► Tab. 1) noch die retrospektive Betrachtung der CT- und Ultraschallbilder lieferte eine Erklärung für diese vergleichsweise starke Abweichung.

Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Alef M, Hueber JP, Oechtering GU. Die Anästhesie bei brachycephalen Rassen. Besonderheiten und Risiken. *Kleintier konkret* 2007; 10 (5): 16–21.
- Aron DN, Crowe DT. Upper airway obstruction: General principles and selected conditions in the dog and cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1985; 15 (5): 891–917.
- Avrahami E, Solomonovich A, Englender M. Axial CT measurements of the cross-sectional area of the oropharynx in adults with obstructive sleep apnea syndrome. *Am J Neuroradiol* 1996; 17: 1107–1111.
- Bernaerts F, Talavera J, Leemans J, Hamaide A, Claeys S, Kirschvink N, Clercx C. Description of original endoscopic findings and respiratory functional assessment using barometric whole-body plethysmography in dogs suffering from brachycephalic airway obstruction syndrome. *Vet J* 2008; 183 (1): 95–102.
- Caballero P, Alvarez-Sala R, Garcia-Rio F, Prados C, Hernán MA, Villamor J, Alvarez-Sala JL. CT in the evaluation of the upper airway in healthy subjects and in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 1998; 113: 111–116.
- Cuccia AM, Campisi G, Cannvale R, Colella G. Obesity and craniofacial variables in subjects with obstructive sleep apnea syndrome: comparisons of cephalometric values. *Head & Face Medicine* 2007; 3: 41.
- Findji L, Dupré G. Folded flap palatoplasty for treatment of elongated soft palates in 55 dogs. *Wien Tierärztl Mschr* 2008; 95: 56–63.
- Ginn JA, Kumar MS, McKiernan BC, Powers BE. Nasopharyngeal turbinates in brachycephalic dogs and cats. *J Am Anim Hosp Assoc* 2008; 44 (5): 243–249.
- Grand J-GR, Bureau S. Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non-brachycephalic dogs analysed by CT. *J Small Anim Pract* 2011; 52: 232–239.
- Grouven U, Bender R, Ziegler A, Lange S. Vergleich von Messmethoden. *Dtsch Med Wochenschr* 2007; 132: 69–73.
- Hayes GM, Friend EJ, Jeffery ND. Relationship between pharyngeal conformation and otitis media with effusion in Cavalier King Charles Spaniels. *Vet Rec* 2010; 167 (2): 55–58.
- Hedlund CS. Surgery of the upper respiratory system. In: *Small Animal Surgery*, 2nd edn. Fossum TW, ed. St. Louis, USA: Mosby 2002; 620–628.
- Hendricks JC, Kline LR, Kovalski RJ, O'Brien JA, Morrison AR, Pack AI. The English Bulldog: a natural model of sleep-disordered breathing. *J Appl Physiol* 1987; 63: 1344–1350.
- Köhler C, Alef M, Niesterok C, Bosch BK, Oechtering G, Kiefer J. Sonographic examination of the soft palate in dogs. *Ultraschall Med* 2011; 32 (S 02): E191–E201.
- Laurenson MP, Zwingerberger AL, Cissell DD, Johnson LR, McPeters MJ, Spriet MP, Taylor SL, Pollard RE. Computed tomography of the pharynx in a closed vs. open position. *Vet Radiol Ultrasound* 2011; 52 (4): 357–361.
- Oechtering TH, Oechtering GU, Nöller C. Strukturelle Besonderheiten der Nase brachycephaler Hunderassen in der Computertomographie. *Tierärztl Prax* 2007; 35 (K): 177–187.
- Oechtering GU, Hueber J, Nöller C. New aspects of brachycephalia in dogs and cats. Options: Treatment modalities. *ACVIM Forum*, San Antonio, TX, USA 2008.
- Prokop M. Dosisoptimierung in der thorakalen Computertomographie. *Radiologie* 2001; 41: 269–278.
- Reese S. Hypothyreose – Sonographische Diagnostik beim Hund. *Fachpraxis* 2008; 54: 36–40.
- Riecks TW, Birchard SJ, Stephens JA. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991–2004). *J Am Vet Med Assoc* 2007; 9: 1324–1328.
- Rosaspina M. Vergleichende Untersuchungen am oberen Respirationstrakt bei Norwich Terriern, brachycephalen Hunden und mesocephalen Hunden. *Diss med vet., Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich* 2005; 9, 32, 42.
- Rudolf H. Ultrasonographic imaging of the tongue and larynx in normal dogs. *J Small Anim Pract* 1997; 38: 439–444.
- Schotland HM, Insko EK, Panckeri KA, Leigh JS, Pack AI, Hendricks JC. Quantitative magnetic resonance imaging of upper airways musculature in an animal model of sleep apnea. *J Appl Physiol* 1996; 81: 1339–1346.
- Solano M, Penninck DG. Ultrasonography of the canine, feline and equine tongue: normal findings and case history reports. *Vet Radiol Ultrasound* 1996; 37 (3): 206–213.
- Young BM, Fletcher JC, Paulsen SR, Booya F, Johnson CD, Johnson KT, Melton Z, Roodsyll D, Mandrekar J. Polyp measurement with CT colonography: multiple-reader, multiple-workstation comparison. *Am J Roentgenol* 2007; 188 (1): 122–129.
- Zwingerberger A, Wisner E. Neck. In: *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. Penninck D, D'Anjou MA, eds. Ames, Iowa: Blackwell 2007; 96.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

Die Untersuchungen in den vorliegenden Studien wurden an normozephalen Tierkörpern bzw. normozephalen Hunden in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Wahl des Untersuchungsgutes basierte auf der Tatsache, dass es sich um Grundlagenstudien handelte, die das Ziel hatten, Möglichkeiten und Grenzen der Sonographie des „physiologischen“ weichen Gaumens zu ermitteln. Um den Vorteil der Sonographie als nichtinvasives Verfahren (RUDORF 1997, BRAY et al. 1998), das keiner Anästhesie des Patienten bedarf, zu nutzen, muss in weiteren Untersuchungen die Übertragbarkeit der angewandten Methodik auf den wachen Patienten überprüft werden. Die bisherigen veterinärmedizinischen Studien zur Sonographie der Maulhöhle sind diesbezüglich optimistisch zu werten, da die Untersuchungen überwiegend am wachen Patienten gelangen (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998).

Die Begrenzung des Körpergewichts in den Einschlusskriterien erfolgte auf Grundlage der Ergebnisse eigener Voruntersuchungen. Diese zeigten, dass bei zunehmendem Körpergewicht die Schichtdicke des submentalen Gewebes ebenfalls erheblich zunimmt, so dass bei großen Hunden eine Reduktion der Schallkopffrequenz nötig wäre. Dies würde aufgrund der verminderten Dämpfung von niedrigfrequenten Schallwellen zu besseren Eindringtiefen führen (KIEFER und KIEFER 2003, KRAMME 2007). Gleichzeitig müsste dafür eine verringerte axiale Auflösung infolge der zunehmenden Wellenlänge in Kauf genommen werden (DÖSSEL 2000, KIEFER und KIEFER 2003, JECKER 2013). Mit der Festlegung der Körpergewichtsspanne in den Einschlusskriterien konnte der notwendige Kompromiss zwischen guter Auflösung und ausreichender Eindringtiefe (KIEFER und KIEFER 2003) umgangen werden und die Untersuchungen mit hohen Frequenzen und folglich optimaler Auflösung erfolgen. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund des Grundlagenthemas der durchgeführten Untersuchung von Bedeutung. Der physikalische Einfluss der Frequenz auf die Bildqualität wird, nach den Autoren veterinärmedizinischer Studien zur Sonographie der Maulhöhle, auch in der subjektiven Beurteilung der Bildqualität deutlich, so dass die Verwendung hochfrequenter Schallköpfe für diesen

Untersuchungsbereich empfohlen wird (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007).

Zusätzlich zu den konventionell geformten Linearschallköpfen kamen in der ersten Studie speziell geformte Linearschallköpfe (I12L, I739, T739) mit kleiner Auflagefläche (GE Medical Systems Deutschland GmbH & Co KG, Solingen, Deutschland) zum Einsatz (Abbildung 3). Diese kleinen, hochfrequenten Schallköpfe ermöglichen die intraorale Sonographie des weichen Gaumens durch direktes Auflegen des Schallkopfes auf das Organ (NORER 2000, REBOL et al. 2001, ISSING et al. 2002). Während die schmalen und länglich geformten I12L und I739 Schallköpfe bei allen Tieren der ersten Studie zum Einsatz kamen, konnte der T-förmige T739 Schallkopf (Abbildung 3) bei den kleineren Tieren aufgrund der zu kleinen Maulhöhle und den zu eng stehenden Oberkieferästen nicht aufgelegt werden. Für die sogenannte Endosonographie des Pharynx kommen beim Menschen zusätzlich flexible modifizierte Fingerspitzensonden zum Einsatz (STEINHART et al. 1996). Hauptindikationen für die intraorale Sonographie sind die Darstellung von Raumforderungen des Gaumens, der Zunge und der Pharynxwand, mit dem Ziel Informationen zur Tumorausdehnung zu erhalten (STEINHART et al. 1996, NORER 2000, REBOL et al. 2001). Zudem sind intralaryngale Ultraschalluntersuchungen zum Nachweis von laryngalen Polypen sowie von Zysten und Neoplasien der Stimmbänder beschrieben (TAMURA et al. 2001, TAMURA et al. 2002). Aussagen zur Echotextur des weichen Gaumens werden in der zugänglichen Literatur nicht getroffen. In veterinärmedizinischen Studien wird die Endosonographie überwiegend zur Diagnostik von intrathorakalen und abdominalen Veränderungen genutzt (GASCHEN und KIRCHER 2003, GASCHEN et al. 2003, SCHWEIGHAUSER et al. 2009, KOOK et al. 2012). Ausführungen zur intraoralen Sonographie beim Hund existieren in der zugänglichen Literatur nicht. Für den veterinärmedizinischen Einsatz der intraoralen Sonographie in der klinischen Diagnostik ist die Notwendigkeit der Allgemeinanästhesie des Patienten als Nachteil zu bewerten.



Abbildung 3: Illustration der verschiedenen, in der ersten Studie verwendeten Linearschallköpfe, von links nach rechts: I12L, T739, 9L, ML6-15, I739.

Das größte Hindernis während der Sonographie der Atemwege stellt die freie Luft in der Maulhöhle dar, die die sonographische Darstellung der von Gas umgebenen Strukturen erschwert (SOLANO und PENNINCK 1996, EPSTEIN und STONE 2005, KRISTENSEN 2011). Zudem führen die vielzähligen knöchernen Strukturen im Kopfbereich zu einer zusätzlich erschwerten Visualisierung von anatomischen Strukturen (MENDE et al. 2002, JECKER 2013). Das submentale, transkutane Auflegen des Schallkopfes ermöglicht, unter Verdrängung der oropharyngalen Luft, die Nativuntersuchungen bei geschlossenem Maul, indem ein Weichteilkontakt zwischen Zunge und weichem Gaumen hergestellt wird. Die transkutane Schallkopfaufgabe wurde bereits in den bisherigen veterinärmedizinischen Studien zur Sonographie der Maulhöhle (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998) eingesetzt und ist vergleichbar mit der humanmedizinischen Methodik zur sonographischen Untersuchung des Mundhöhlenbodens (FRÜHWALD 1988, IRO 2000, JECKER 2013).

Das Untersuchungsgebiet wurde in den vorliegenden Studien, vergleichbar mit der Methodik der zugänglichen veterinärmedizinischen Literatur (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007) sowohl im Längs- als auch im Querschnitt untersucht (Abbildung 4). Die anatomische Begrenzung des Untersuchungsgebietes wurde dabei kranial durch das Os incisivum der Mandibula, kaudal durch das Basihyoid und lateral jeweils

durch den Mandibularrand gebildet (SOLANO und PENNINCK 1996, IRO 2000) (Abbildung 4).



Abbildung 4: Mittlere Schallkopfposition für die Untersuchung der submentalaren Weichteile im Längsschnitt (Bild links) und Querschnitt (Bild rechts).

Die Kontrolle der korrekten sonographischen Identifizierung des Gaumensegels und der ventral davon gelegenen Weichteilstrukturen in der Nativuntersuchung erfolgte in der ersten Studie zunächst durch Untersuchungen der Tierkörper im Wasserbad. Schon in den ersten Anwendungen des Ultraschalls in der Medizin in den 1950er Jahren wurde das zu untersuchende Organ bzw. der Patient in ein Wasserbad verbracht (HOWRY und BLISS 1952). Da Wasser optimale Schalleitungseigenschaften besitzt (KRAMME 2007) kann Wasser als optimales Kontaktmedium zwischen Schallquelle und Schallobjekt dienen (BROOKS et al. 2004, TSOU et al. 2004, GRAU 2007). In der Humanmedizin werden solche In-vitro-Ultraschalluntersuchungen von Organen zur Ermittlung der gewebsspezifischen Echotextur routinemäßig durchgeführt (SHAWKER et al. 1984, FRENTZEL-BEYME und LEDWA 1986, MIELKE et al. 1987, MALZER et al. 1990, CASSER et al. 1991, STRUNK et al. 1992, TAMURA et al. 2002) und sind auch in veterinärmedizinischen Ultraschallstudien anzutreffen (PENNINCK et al. 1989, RIECHERT 2005, SCHNAPPAUF 2005). Ferner werden Ultraschalluntersuchungen im Wasserbad vor allem zur Diagnostik von muskuloskeletalen Läsionen beim Menschen angewendet (BROOKS et al. 2004, TSOU et al. 2004).

Desweiteren erfolgte eine schichtweise Präparation des Weichteilgewebes des Maulhöhlenbodens beginnend von der submentalen Hautoberfläche nach innen Richtung Oropharynx mit sonographischer Untersuchung im Anschluss an jeden Präparationsschritt. Postmortale Ultraschalluntersuchungen sind in der Literatur sowohl für Studien zu sonoanatomischen Darstellungen von Geweben (LU et al. 1992, TAMURA et al. 2002, RETTENBACHER et al. 2006), als auch für experimentelle Untersuchungen (EVANS et al. 1994) und in der forensischen Radiologie zu finden (DETTMEYER und VERHOFF 2011). Eine zeitnahe Untersuchung nach dem Eintritt des Todes ist zur Vermeidung von Gewebserweichung und Strukturauflösung im Rahmen der postmortalen Autolyse notwendig. Der Beginn der autolytischen Prozesse ist gewebsabhängig und setzt ab etwa 120 Minuten postmortem ein (MADEA 2003, MEURER und WOLF 2007). Auch wenn die Nativuntersuchungen an frisch toten Hunden durchgeführt wurden, so betrug die Gesamtdauer der vorliegenden Untersuchung inklusive Wasserbad und Präparation mehrere Stunden. Autolytische Prozesse, die zu Gewebsveränderungen und möglicherweise auch im sonographischen B-Bild zu Befundabweichungen führen, können somit vor allem für die Untersuchungsschritte nach der Nativuntersuchung nicht ausgeschlossen werden. Da die Beschreibung der sonographischen Anatomie und Morphologie primär an den nativen Bildern erfolgte und die nachfolgenden Untersuchungen der korrekten Identifizierung der anatomischen Strukturen dienten, sollte dieser Aspekt jedoch von untergeordneter Rolle sein.

In der zweiten Publikation der vorliegenden Dissertation wurden in wiederholten Messungen die Dicken der Gaumensegel von narkotisierten Patienten an zwei Lokalisationen sonographisch bestimmt. Eine mangelhafte orthograde Anschallung des Untersuchungsobjektes führt zu schiefen Anschnitten und infolgedessen bei Dickenmessungen zur Überschätzung der wahren Dicke des Gewebes (DUDLEY 2010). Auf die Notwendigkeit einer orthograden Anschallung des zu untersuchenden Gewebes wird in humanmedizinischen Untersuchungen zur Dickenmessung von Weichteilgewebe hingewiesen (PIGNOLI et al. 1986, KAWAKAMI et al. 1993, HODGES et al. 2003). Um einen Einfluss des Anschallwinkels auf die messbare Dicke des Organs auszuschließen, werden wiederholte Messungen mit anschließender Mittelung der Werte empfohlen (LUTZ 2007, DUDLEY 2010, CARRERA et al. 2011). Auch in der vorliegenden Arbeit wurden die Messungen insgesamt an drei Bildern pro Lokali-

sation durchgeführt, die im Untersuchungsablauf unter jeweils neuer Einnahme der Schallkopfposition angefertigt wurden.

Zudem wurden zum Ausschluss von untersucherbedingten, zufälligen Fehlern (DUDLEY 2010) und Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Messmethode wiederholte Messungen an den vorhandenen Bildern in einem zeitlichen Abstand von mindestens drei Tagen und maximal 14 Tagen durchgeführt. Auch wenn es sich bei der Sonographie im Allgemeinen um ein stark untersucherabhängiges bildgebendes Verfahren handelt (DUDLEY 2010), so gestaltet sich das Aufsuchen der ersten Schallkopfposition auf der Medianen aufgrund des charakteristischen Orientierungspunktes – des Überganges von hartem zu weichem Gaumen – vergleichsweise einfach. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch dem weniger erfahrenen Untersucher bei orthograder Anschallung des Untersuchungsgebietes die Darstellung des Orientierungspunktes gelingt und anhand der gewonnenen Bilder reproduzierbare Messungen erfolgen können.

Zum Erzielen einer hohen Bildauflösung, die wiederum das Auftreten von Messfehlern reduziert (DUDLEY 2010), kamen ein hochauflösender Schallkopf und eine Frequenz von 9 MHz zum Einsatz. Die Fokuszone wurde individuell angepasst, um eine optimale Auflösung in der Messregion zu erzielen (DUDLEY 2010). Die Auswertung der Ultraschallbilder erfolgte im Bildarchivierungs- und Befundungssystem Sonowin® (MESO international GmbH, Mittweida). Die digitale Speicherung im DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) Format erlaubt eine verlustfreie Speicherung, bei der zusätzlich zu den Bilddaten und der Skalierung auch Metainformationen wie die Pixelabmessung gespeichert werden (PIANYKH 2012). Nach DELORME und DEBUS (2005) sind Messungen anhand von dokumentierten Bildern mit abgebildetem Maßstab unproblematisch.

Desweiteren wurden die Ergebnisse der sonographischen Gaumensegeldickenmessungen mit den Ergebnissen der Dickenmessungen an rekonstruierten sagittalen CT-Bildern des jeweiligen Tieres verglichen. Die Eignung der als Goldstandard verwendeten CT-Untersuchung ist umstritten. Sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin wird die CT zum Nachweis struktureller Veränderungen der oberen Atemwege herangezogen (SHEPARD et al. 1991, AVRAHAMI et al. 1995, CABALLERO et al. 1998, OECHTERING et al. 2007, GRAND und BUREAU 2011). Sie ermöglicht die Querschnittsmessung der Atemwege auf verschiedenen

Ebenen des Atmungstraktes (CAHALI et al. 2004) bei guter Ortsauflösung und weitgehender Verzeichnungsfreiheit (MENDE et al. 2002). Eine MRT-Untersuchung des Pharynx wird in der Humanmedizin aufgrund des sehr guten Weichteilkontrastes (MENDE et al. 2002) zudem zur Volumenbestimmung des weichen Gaumens, der Zunge, der parapharyngalen Fettpolster, der lateralen Pharynxwand und des totalen Luftweges eingesetzt (WELCH et al. 2002, LEE et al. 2010). In der Veterinärmedizin kommt die MRT zur Diagnostik von Atemwegobstruktionen aufgrund langer Datenaquisitionszeiten, Kosten der Untersuchung und Bewegungsartefakten (SHEPARD et al. 1991, MENDE et al. 2002) seltener zum Einsatz.

Bei der CT und der MRT handelt es sich weitestgehend um primär statische Untersuchungsverfahren, die die während der Respiration auftretenden Druckveränderungen und daraus resultierenden Querschnittsveränderungen der Luftwege nicht berücksichtigen (SCHWAB et al. 1993, WELCH et al. 2002). In humanmedizinischen Studien ergaben sich physiologische Veränderungen der Querschnittsgröße der Luftwege während der Atmung um durchschnittlich 17 % (SCHWAB et al. 1993). In einer Studie von CAHALI et al. (2004) zeigten OSAS Patienten postoperativ trotz klinischer Verbesserung keinerlei Querschnittsveränderungen in der Kontroll-CT, so dass diskutiert wird, inwiefern sich die CT eignet um relevante Luftweggrößen zu bestimmen. Der Einfluss der Respiration auf den Querschnitt des oropharyngalen Luftweges und insbesondere auf die Dicke des Gaumensegels in der CT wurde in den vorliegenden Studien nicht untersucht. Ein Indiz für eine mögliche respiratorische Beeinflussung wären beispielsweise abweichende Messergebnisse in wiederholten CT-Untersuchungen.

Kritisch ist die für beide Messverfahren abweichende Lagerung der Tiere zu beurteilen. In der CT-Untersuchung bedarf es eines frei im Oropharynx schwebenden und von Luft umgebenen Gaumensegels (LAURENSEN et al. 2011), so dass die Brust-Bauchlage mit Fixation des Oberkiefers in der beschriebenen Lagerungshilfe erforderlich war (Abbildung 5 a). Um einen Weichteilkontakt zwischen Zunge und weichen Gaumen zu schaffen, wurden sowohl die Tierkörper der ersten Studie als auch die Tiere in Allgemeinanästhesie in der zweiten Studie für die sonographischen Untersuchungen standardisiert in Rückenlage bei gestrecktem Kopf verbracht (Abbildung 5 b). In der veterinärmedizinischen Literatur wird für die submentale Sonographie der Maulhöhle überwiegend die Positionierung der Tiere im Sitzen oder in Brust-

Bauchlage beschrieben (SOLANO und PENNING 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998). Nach REESE (2008) und eigenen Erfahrungen wird die zur Untersuchung der Schilddrüse bewährte Rückenlage jedoch seitens der Tiere gut toleriert. Kephalmetrische Untersuchungen beim Menschen haben ergeben, dass die bekannte Verschlechterung der OSAS Symptomatik in Rückenlage auf eine Querschnittsminderung im Bereich des Oropharynx bei Einnahme der Rückenlage zurückzuführen ist (PRACHARKTAM et al. 1994). Es wird zudem von einer verminderten Oxygenierung von respiratorisch insuffizienten Patienten in Rückenlage ausgegangen (GATTINONI et al. 2001, HWANG et al. 2004). Bei brachycephalen Tieren mit Atemnotsymptomatik ist die Anwendung dieser Lagerung für eine ausführliche sonographische Untersuchung des Oropharynx daher inadäquat. Betrachtet man hingegen den beschriebenen Ablauf der sonographischen Dickenmessung des Gaumensegels am Tier, so wird lediglich die sagittale Schallkopfposition im kranialen und gegebenenfalls zusätzlich im mittleren Gaumensegelbereich eingenommen und das gewonnene Bild gespeichert. Die Dickenmessung erfolgt nachträglich am gespeicherten Bild und entbehrt der Anwesenheit des Tieres. Die Untersuchungsdauer am Patienten liegt somit im Bereich einiger Sekunden, so dass unter Berücksichtigung der extrem kurzen Untersuchungsdauer die Rückenlage gegebenenfalls auch für diese Tiere in Betracht gezogen werden kann. Zweifellos ist bei mangelnder Kooperation bzw. Panik des Patienten eine Anpassung der Lagerung vorzunehmen.

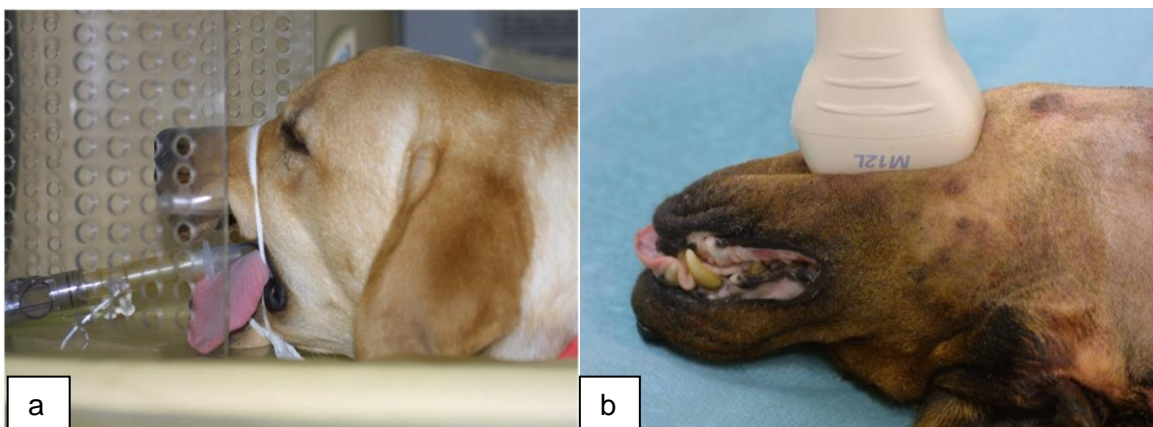


Abbildung 5: Patientenlagerung für die Gaumensegeldickenmessung via CT (a) und Sonographie (b). Für die CT-Untersuchung kommt eine Lagerungshilfe zur Fixation des Oberkiefers zum Einsatz, die ein freies Schweben des Gaumensegels im Oropharynx ermöglicht.

Für beide Messverfahren (Ultraschall und CT) wurden wiederholte Messungen in einem zeitlichen Abstand von mindesten drei bis maximal 14 Tagen durchgeführt. Wenn auch wiederholte Messungen idealerweise an neu gewonnenen Bildern des jeweiligen Patienten durchzuführen sind, so konnte dies infolge des Versuchsaufbaus mit erforderlicher Allgemeinanästhesie des Patienten aus tierschutzrechtlichen Gründen nicht realisiert werden. Die Messstrecken und –punkte waren so gewählt, dass sie für beide Verfahren gleichermaßen anwendbar waren. Die für die Reproduzierbarkeit entscheidenden Orientierungspunkte (DUDLEY 2010) wurden festgelegt als Übergang von hartem zu weichem Gaumen (Messpunkt 1) und als Ursprung der dorsal vom Gaumensegel gelegenen Pharynxmuskulatur (Messpunkt 2). Die in der Literatur beschriebene Gaumensegelvermessung ohne die Nutzung von definierten Orientierungspunkten (HAYES et al. 2010) birgt nach Autorenmeinung ein zu großes Fehlerpotential.

Die statistische Auswertung der wiederholten Messungen innerhalb einer Messmethode erfolgte durch Berechnung des MAD (mean absolute deviation), als ein Streuungsmaß, das alle Werte einer Verteilung und damit auch Ausreißer berücksichtigt (KOHN 2005, BORTZ und SCHUSTER 2010, HANNEMAN et al. 2012). Es gilt je höher der MAD Wert, desto höher ist die Variation (HANNEMAN et al. 2012). Für den Vergleich der Messergebnisse die mit unterschiedlichen Verfahren (Ultraschall und CT) gewonnen wurden, kam zudem eine graphische Darstellung in Form von Bland-Altman Diagrammen zum Einsatz. Diese Methode ist geeignet um die Schwankungsbreite der Übereinstimmung zu beurteilen, zur Aufdeckung von systematischen Messfehlern und zur Überprüfung inwiefern die Abweichung der Methoden von der Höhe der Werte abhängig ist (BLAND und ALTMAN 1986, GROUVEN et al. 2007, MYLES und CUI 2007). Sowohl bei der Beurteilung der MAD-Werte, als auch bei Auswertung der Bland-Altman Diagramme muss die Größe der Variation im Kontext mit der normalen biologischen Variation der Messung beurteilt werden (DUDLEY 2010).

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Bei allen untersuchten Tieren konnte durch submentale Schallkopfaufgabe bei geschlossenem Fang ein Weichteilkontakt zwischen Zunge und weichen Gaumen erzielt werden, so dass im sagittalen Schnitt der weiche Gaumen sonographisch dargestellt werden konnte. Sowohl der Übergang von hartem zu weichem Gaumen als auch der kraniale und mittlere Anteil des weichen Gaumens war bei allen Tieren gut abgrenzbar. In der zugänglichen veterinärmedizinischen Literatur existiert, bis auf die vorliegenden Untersuchungen, keine Beschreibung der sonographischen Darstellung des weichen Gaumens (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998). Der charakteristische Übergang von hartem zu weichem Gaumen wurde bereits in der Studie von SOLANO und PENNINCK (1996) beschrieben, eine vergleichbar zur Zunge vorliegende Echogenität des weichen Gaumens wurde vermutet.

In der vorliegenden Arbeit stellte sich der Nachweis des kaudalen Gaumensegelanteils in der sagittalen Nativuntersuchung jedoch als problematisch dar. Gründe dafür waren einerseits die unmögliche Verdrängung der umgebenen Luft im kaudalen Oropharynx und andererseits das querverlaufende knöcherne Basihyoid, das die Einsehbarkeit der relevanten Region durch Schallwellenreflexion erschwerte (Abbildung 6 a). Mit Einnahme einer schrägen, lateralen Schallkopfposition konnten die Zungenbeinstrukturen teilweise umgangen und der kaudale Anteil des weichen Gaumens im Übergang zu den lateralen Pharynxstrukturen visualisiert werden (Abbildung 6 b). Das laterale Schwenken des Schallkopfes zur Darstellung der seitlichen Tonsillenloge wird auch beim Menschen empfohlen (IRO 2000). Aufgrund der schrägen und nicht standardisierbaren Anschaltung des Organs ist diese Schallkopfposition für objektive Messungen ungeeignet (DUDLEY 2010). Sonographische Messungen der Gaumensegellänge sowie Dickenmessungen im Bereich des kaudalen Anteils des weichen Gaumens sind demnach nicht möglich.

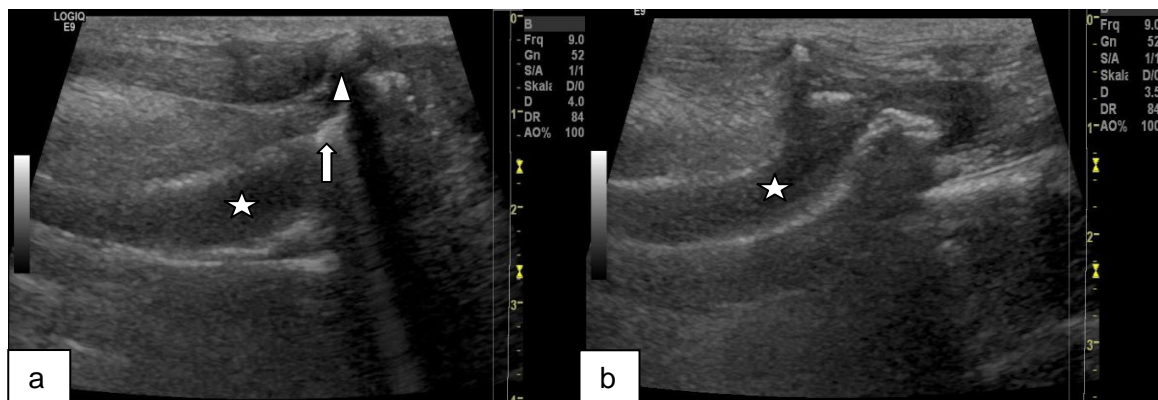


Abbildung 6: Sagittale Ultraschallbilder in der kaudalen Schallkopfposition. Bei orthograde Anschallung (a) ist nur der mittlere Anteil des weichen Gaumens (Stern) darstellbar, da der durch Luft im Oropharynx verursachte unvollständige distale Schallschatten (Blockpfeil) und der durch das Basihyoid verursachte distale Schallschatten (Pfeilspitze) die Darstellung verhindern. Bei Einnahme einer schrägen Schallkopfposition (b) wird der kaudale Anteil des weichen Gaumens (Stern) darstellbar.

In der Nativuntersuchung war der Gaumen als Gewebe geringer Echogenität ohne deutlich erkennbare Echotextur nachweisbar. Im Unterschied dazu konnten durch die intraorale Schallkopfapplikation detailliertere Aussagen zur Echotextur getroffen werden. Dies ist durch die Tatsache zu erklären, dass die schallkopfnaher Abbildung von Gewebsstrukturen zu einem besseren Auflösungsvermögen führt (NORER 2000). Der weiche Gaumen wies in der intraoralen Untersuchung eine zentrale hypoechogene und eine ventral und dorsal davon gelegene Schicht mittlerer Echogenität auf (Abbildung 7). Vermutlich handelt es sich bei der zentralen hypoechoenen Schicht um die Muskelschicht bestehend aus dem paarigen *M. palatinus* und den von lateral einstrahlenden *M. levator veli palatini* und *M. tensor veli palatini* (NICKEL et al. 1960, SALOMON et al. 2005). Die zentrale palatinale Aponeurose (ARRIGHI et al. 2011), die sich aufgrund des Gehaltes an Bindegewebe sonographisch wahrscheinlich hyperechogen darstellen würde, konnte in den vorliegenden Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Die mittlere Echogenität der peripher der zentralen hypoechoenen Zone nachweisbaren Schicht könnte durch die histologisch in diesem Gebiet nachweisbaren Drüsendichte (ARRIGHI et al. 2011) bedingt sein.

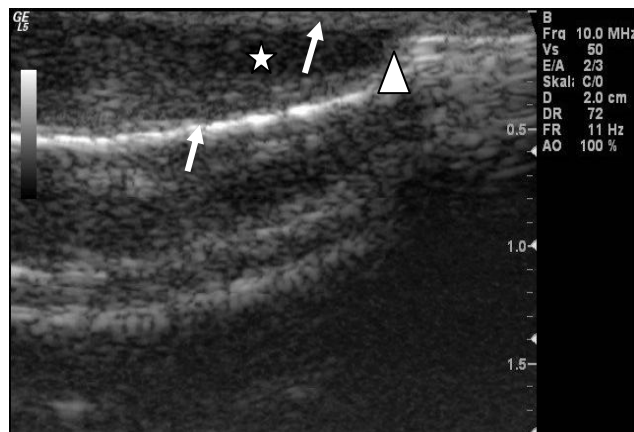


Abbildung 7: Intraorales sagittales Ultraschallbild auf Höhe des Überganges von hartem zu weichem Gaumen (Pfeilspitze) angefertigt mit dem I12L Schallkopf. Die Echotextur im Sinne einer zentralen hypoechoenen Schicht (Stern) und einer ventralen und dorsalen Schicht mittlerer Echogenität (weiße Pfeile) wird ersichtlich.

In der Humanmedizin wird bei Ultraschalluntersuchungen des Oropharynx routinemäßig die Tatsache genutzt, dass Gewebe, die von Wasser umgeben sind, sonographisch besser visualisiert werden können (EPSTEIN und STONE 2005, KRISTENSEN 2011). Die Patienten werden dafür aufgefordert einen Bolus Wasser während der Untersuchung im Mund zu halten, so dass intraorale Luft verdrängt wird und die oropharyngalen Strukturen besser abgrenzbar werden. Das Abschlucken des Bolus ermöglicht außerdem dynamische Darstellungen der oropharyngalen Strukturen während des Schluckvorganges (YANG et al. 1997, EPSTEIN und STONE 2005, KRISTENSEN 2011). Die in der vorliegenden ersten Studie durchgeführte Untersuchung der Tierkörper im Wasserbad führte dazu, dass das von Wasser umgebene Gaumensegel nun vollständig abgrenzbar und eine detailliertere Beschreibung der Echotextur möglich war. Die vergleichende Betrachtung der Ultraschallbilder vor und nach der Wasserbaduntersuchung erleichterte zudem die Identifizierung des Gaumensegels in der Nativuntersuchung (Abbildung 8). Eine Übertragung solch eines Untersuchungsablaufes auf den lebenden tierischen Patienten ist nicht möglich, da die Wasseraufnahme eines Hundes kaum steuerbar ist und in der Regel mit der Aufnahme von zu großen Luftmengen verbunden ist.

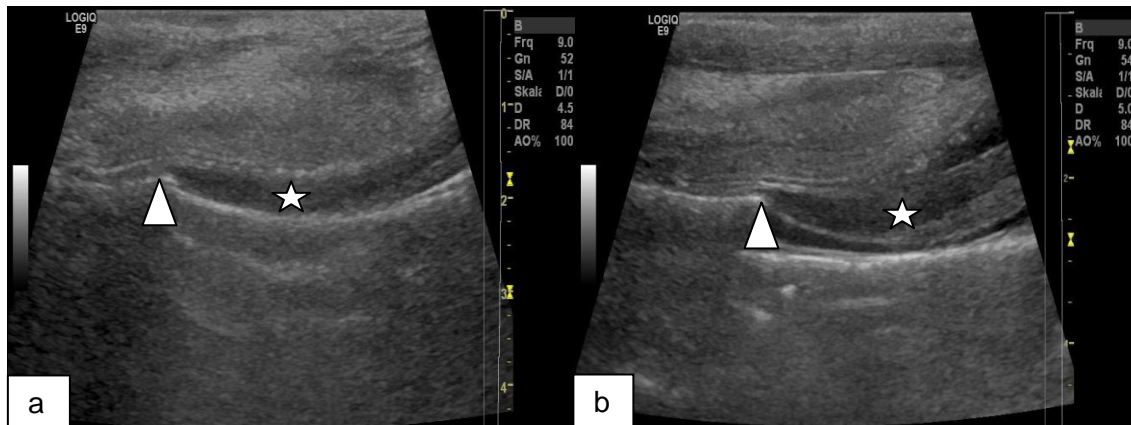


Abbildung 8: Sagittale Ultraschallbilder auf Höhe des Überganges von hartem zu weichem Gaumen (Pfeilspitze) in der Nativuntersuchung (a) und im Wasserbad (b). Nach Flutung des Oropharynx mit Wasser wird der weiche Gaumen (Stern) von Wasser umgeben und im Vergleich zur Nativuntersuchung besser abgrenzbar. Die Gaumensegelechostruktur mit ihrer zentralen hypoechogenen und ventral sowie dorsal mittleren Echogenität wird besser sichtbar.

Der Vergleich der Ultraschallbilder vor und nach den einzelnen Präparationschritten erlaubte eine Differenzierung und Beschreibung der einzelnen Gewebeschichten des Maulhöhlenbodens, wobei die Sonoanatomie weitestgehend den Beschreibungen der veterinärmedizinischen Arbeiten entspricht (SOLANO und PENNINCK 1996, WISNER et al. 2002, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007).

Die oberen Zungenbeinmuskeln *M. mylo- und geniohyoideus* waren in der vorliegenden Untersuchung entsprechend den Beobachtungen von SOLANO und PENNINCK (1996) im Längsschnitt nicht voneinander abgrenzbar (Abbildung 9). Im Gegensatz dazu konnten die beiden Muskeln im Querschnitt, ähnlich den Beschreibungen von SHAWKER et al. (1984) und RUDORF (1997), voneinander differenziert werden.

Das Zungenparenchym stellte sich vergleichbar zu den Beschreibungen in der Literatur (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007) als homogenes Parenchym mittlerer Echogenität dar, wobei die Echogenität von ventral nach dorsal abnahm (POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007). Der rostrale Anteil der Zunge ist wie bereits von SOLANO und PENNINCK

(1996) beschrieben, aufgrund des engen submentalen Raumes im vorderen oropharyngealen Drittel, nicht einsehbar. Der hyperechogene *M. genioglossus* strahlt fächerförmig in das Zungenbinnenparenchym ein und verleiht der Zunge damit die charakteristische sonographische Fiederung (RUDORF 1997) (Abbildung 9).

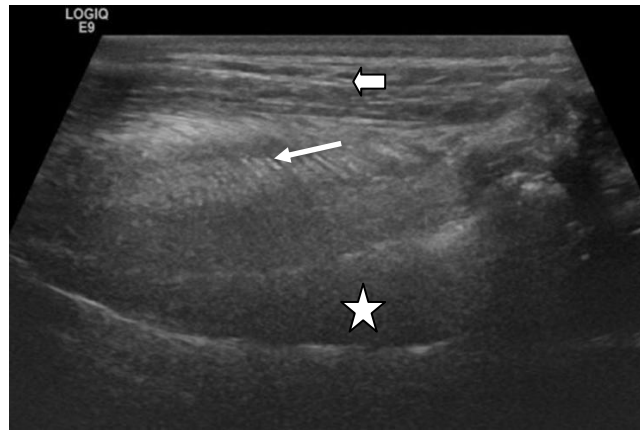


Abbildung 9: Sagittales Ultraschallbild in der kaudalen Schallkopfposition. Die Zungenbeinmuskeln *M. mylo-* und *geniohyoideus* sind im Sagittalschnitt nicht voneinander abgrenzbar (Blockpfeil). Der *M. genioglossus* ist als hyperechogener, fächerförmig in die Zungenbinnenmuskulatur einstrahlender Muskel darstellbar (Pfeil). Der weiche Gaumen (Stern) ist als Region geringer Echogenität ohne erkennbare Echotextur nachweisbar.

In jedem Untersuchungsschritt wurden, vergleichbar zu sonographischen Studien des Oropharynx bei Mensch (SHAWKER et al. 1984, FRÜHWALD 1988, IRO 2000) und Tier (SOLANO und PENNINCK 1996, RUDORF 1997, BRAY et al. 1998, POULSEN NAUTRUP und TOBIAS 2007) sowohl Sagittal- als auch Transversalbilder angefertigt. Die Beurteilung der Gewebsstrukturen wurde im sagittalen Bild anhand charakteristischer Formen und Strukturverläufe der longitudinal verlaufenden Gewebe (Muskeln, Gefäße) erleichtert, so dass überwiegend Sagittalbilder für die Auswertung zum Einsatz kamen. Auch RUDORF (1997) beschreibt eine bessere Differenzierbarkeit der Maulhöhlenbodenmuskulatur im Sagittalschnitt im Vergleich zum Transversalschnitt. Um die Einsehbarkeit im Umgebungsbereich des querverlaufenden Basihyoids des Zungenbeins zu verbessern, wird von JECKER (2013) ebenfalls die Sagittalebene favorisiert. Für die Beurteilung von lateral der Medianen gelegenen

Strukturen beispielsweise der Tonsillen ist dagegen die Transversalebene vorzuziehen (KRISTENSEN 2011).

Die Übertragbarkeit der gewonnenen Ergebnisse auf brachyzephe Hunderassen wurde nicht untersucht. Es wurden in der ersten Studie lediglich zwei brachyzephe Tierkörper ohne anamnestische Atemnotsymptomatik exemplarisch untersucht. Bei diesen Tieren fiel in der Nativuntersuchung eine, im Vergleich zu den untersuchten normozephalen Tieren, schwieriger abgrenzbare dorsale Gaumensegelkontur auf. In Kenntnis der Ergebnisse der Wasserbad- und sequentiellen sonographischen Gewebsuntersuchungen ist es retrospektiv betrachtet sehr wahrscheinlich, dass dieser subjektive Eindruck aus der prominent ausgebildeten, dorsal gelegenen Pharynxmuskulatur resultierte. Das infolge der kraniofazialen Fehlbildung auftretende redundante Gewebe im Pharynx des brachyzephalen Hundes scheint eine große Bedeutung für die Atembehinderung bei den betroffenen Tieren zu haben (OECHTERING 2010, WHITE 2010).

Die Zunahme von pharyngalem Weichteilgewebe wird auch bei dem Obstruktiven Schlafapnoesyndrom (OSAS) des Menschen, das mit ähnlichen anatomischen Abweichungen und abnormalen Atemmustern im Vergleich zum Brachyzephalen Atemnotsyndrom einhergeht (PLANELLAS et al. 2012) als prädominierende anatomische Abnormalität, neben der Verdickung des Gaumensegels und der Zunge, beschrieben (SCHWAB 1996, KAPSIMALIS und KRYGER 2002). Bei diesen Patienten wird ein Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Grad der Volumenzunahme der pharyngalen Weichteile beobachtet (RYAN et al. 1991, WELCH et al. 2002). Eine vermehrte submuköse Fetteinlagerung führt dabei zu einer Querschnittsreduktion und folglich Druckerhöhung in den oberen Atemwegen, in dessen Folge es zu einem stärkeren Kollaps der pharyngalen Atemwege kommen kann (LAUTERBACH 2010). In den dreidimensionalen computertomographischen Untersuchungen von RYAN et al. (1991) gab es zudem Hinweise auf eine Volumenvergrößerung von Zunge und weichem Gaumen bei übergewichtigen Menschen. In der Veterinärmedizin wird Übergewicht ebenfalls als prädisponierender Faktor für das Entstehen der Atemnotsymptomatik beim brachyzephalen Hund diskutiert (OECHTERING 2010), obgleich bisher kein Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Schwere der Symptomatik in klinischen Studien festgestellt werden konnte (TORREZ und HUNT 2006, RIECKES et al. 2007, TRAPPLER und MOORE 2011). In den Studien der vor-

liegenden Arbeit wurde der Einfluss der Körpergewichte der Tiere auf die Ergebnisse aufgrund der niedrigen Anzahl an untersuchten Tieren nicht untersucht.

In der zweiten vorliegenden Studie wurde die Reliabilität von wiederholten sonographischen und computertomographischen Dickenmessungen des weichen Gaumens untersucht. Sowohl die dafür berechneten MAD-Werte der sonographischen, als auch die der CT-Untersuchung zeigten in den wiederholten Messungen nahezu keine abweichenden Ergebnisse. Zufällige Fehler, die meist direkt untersucher- oder verfahrensbedingt sind, bestimmen maßgeblich die Reproduzierbarkeit von Messungen (DUDLEY 2010). Mit der Untersuchung auf Variabilität von wiederholten Messungen konnten diese zufälligen Fehler weitestgehend ausgeschlossen werden (DUDLEY 2010). Dies spricht dafür, dass sowohl die Sonographie als auch die CT reproduzierbare Messungen ermöglicht und die Reliabilität beider Verfahren als Messmethode damit als hoch anzusehen ist.

Im Rahmen des Messmethodenvergleichs wurden, zusätzlich zu den MAD Berechnungen, Bland-Altman Diagramme als graphische Darstellungsmethode gewählt. Die Ergebnisse fallen sehr deutlich für den zweiten Messpunkt aus. Die Mittelwertlinie weicht stark von Null ab. Dies spricht für eine deutliche systematische Abweichung zwischen den beiden Messmethoden für den zweiten Messpunkt (KWIECIEN et al. 2011). Der Mittelwert der Abweichung ist mit 0,31 cm ebenfalls sehr hoch. Im Gegensatz dazu ist der Mittelwert der Abweichung für Messpunkt 1 mit 0,08 cm deutlich geringer. Dies spricht zunächst für eine gute Übereinstimmung der Messwerte für diesen Messpunkt (KWIECIEN et al. 2011). Im Gegensatz zu anderen Analyseverfahren wird mit der Verwendung von Bland-Altman Diagrammen nicht nur die durchschnittliche Differenz der Messwerte berücksichtigt, sondern vor allem die Streuung der Differenzen der einzelnen Messwertepaare ausgewertet (GROUVEN et al. 2007). Der Übereinstimmungsbereich („limits of agreement“) der Werte für Messpunkt 1 ist sehr groß. Hierbei verhält es sich so, dass der Anwender festlegt wie groß die Übereinstimmung bezüglich der Größe der „limits of agreement“ im Hinblick auf die klinische Relevanz ist. Der Mediziner muss folglich entscheiden, ob die Abweichung akzeptabel ist (GROUVEN et al. 2007, MYLES und CUI 2007, KWIECIEN et al. 2011). Bei der Betrachtung der entsprechenden statistischen Kenndaten fällt auf, dass die Sonographie in 60 % der Fälle die computertomographisch ermittelten Gaumendicken für den ersten Messpunkt überschätzt. Bei einer durchschnittlichen Dicke des

weichen Gaumens von ca. 0,48 cm im kranialen Anteil, die ferner mit Angaben aus der Literatur übereinstimmen (FORREST und SCHWARZ 2011), wurde die Überschätzung von bis zu 0,26 cm als erhebliche Abweichung gewertet.

Die Ursache für die deutliche Abweichung der Messergebnisse im Messmethodenvergleich, trotz guter Reliabilität beider Methoden, kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Die Problematik der kaum vorhandenen Orientierungspunkte in der zweiten, weiter kaudal lokalisierten Schallkopfposition führte zu der Wahl eines nur mäßig geeigneten Orientierungspunktes für den zweiten Messpunkt. In den Untersuchungen zeigte sich, dass die dorsal gelegene Pharynxmuskulatur, deren Ursprung als Orientierungspunkt gewählt wurde, bei verschiedenen Tieren unterschiedlich stark ausgeprägt und damit unterschiedlich weit nach kranial reicht. Das Fehlen von einheitlichen Standards und reproduzierbaren „landmarks“ wird als eine der häufigsten Fehlerquellen bei sonographischen Messungen angesehen (DUDLEY 2010).

Als wahrscheinlichste Ursache für die ungenügende Übereinstimmung der Messergebnisse im Messmethodenvergleich wird die zwischen den Messmethoden abweichende Lagerung der Tiere angesehen, die vermutlich die Morphologie der pharyngalen Weichteilstrukturen beeinflusst. Kephalometrische Untersuchungen beim Menschen haben gezeigt, dass die pharyngalen Größenverhältnisse in Abhängigkeit von der Lage deutlich variieren (PRACHARKTAM et al. 1994, CUCCIA et al. 2007, LAUTERBACH 2010). Bei gesunden Menschen wurde zudem eine Zunahme des Volumens des weichen Gaumens in Rückenlage nachgewiesen (YILDIRIM et al. 1991, PRACHARKTAM et al. 1994). Humane OSAS Patienten zeigten im CT eine Zunahme des Uvulaquerschnittes in Rückenlage (CABALLERO et al. 1998). Man vermutet die Ursache in dem verminderten venösen Fluss in Rückenlage, der in der Folge zu einer temporären Ödematisierung des weichen Gaumens führt (CABALLERO et al. 1998). Aufgrund der verschiedenen physikalischen Wirkprinzipien von CT und Sonographie war die Realisierung einer identischen Patientenlagerung für beide Verfahren nicht möglich.

Bei ausgeprägter Auflagestärke des Schallkopfes auf das zu untersuchende Gebiet kann es zu einer Verformung des jeweiligen Gewebes kommen (HOSKINS 2010). Der Grad der Kompression ist sowohl vom Gewebe selber (KROUSKOP et al. 1998, OPHIR et al. 1999) als auch von der ausgeübten Kraft (KROUSKOP et al. 1998, HOSKINS 2010) abhängig. Zudem ist die Kompression im Gewebe nicht

gleichmäßig verteilt, sondern nimmt in ihrer Ausprägung mit der Tiefe ab (HOSKINS 2010). Der Einfluss des Kompressionsdruckes auf die Weichteilstrukturen wurde in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht und kann damit nicht ausgeschlossen werden. Eine Abweichung der Messergebnisse infolge einer Kompression der Weichteilstrukturen während der Schallkopfaufgabe ist dennoch unwahrscheinlich, da man in diesem Fall vielmehr eine generelle Unterschätzung der computertomographisch ermittelten Werte durch die Sonographie erwartet.

Neben der Bestimmung der Gaumensegeldicke ist die Volumenbestimmung des pharyngalen Weichteilgewebes von Interesse. Methoden zur genauen Quantifizierung der Volumenzunahme von pharyngalen Strukturen erlangen auch beim OSAS Patienten zunehmende Bedeutung (LEE et al. 2010). Volumetrieuntersuchungen können sowohl mit Schnittbildverfahren (WELCH et al. 2002, LEE et al. 2010) als auch mithilfe von dreidimensionalen Ultraschallverfahren realisiert werden (FENSTER et al. 2001, MENDE et al. 2002). Letztere ermöglichen präzise Volumenbestimmungen von komplexen Gewebsstrukturen, die mit einer deutlich verminderten Inter- und Intraobserver-Variabilität im Vergleich zum 2D Ultraschall einhergehen (ELLIOT et al. 1996, HUGHES et al. 1996, FENSTER et al. 2001). Voraussetzung für die Anwendung sind jedoch akkurate Lokalisationen und Orientierungspunkte der erworbenen 2D Bilder, um geometrische Verzerrungen und Messfehler zu vermeiden (FENSTER et al. 2001). Da eine eindeutige sonographische Abgrenzung des Organs im Falle des weichen Gaumens, vor allem im kaudalen Anteil, nicht möglich ist und zudem Anteile aufgrund eingeschränkter Einsehbarkeit aufgrund von knöchernen Strukturen nicht darstellbar sind, fehlen die Voraussetzungen für die Anwendung eines solchen Verfahrens zur Volumenbestimmung (MENDE et al. 2002).

Die vorliegenden Untersuchungen konnten zeigen, dass die transkutane, sonographische Darstellung der kranialen und mittleren Region, sowie anteilsweise der kaudalen Region des weichen Gaumens des normozephalen Hundes möglich ist. Die intraorale Untersuchung mithilfe speziell geformter Schallköpfe erlaubt zusätzliche Aussagen zur Echotextur des Organs. Wiederholte sonographische Messungen an zwei definierten Punkten erlauben reproduzierbare Aussagen zur Dicke des weichen Gaumens am narkotisierten Tier. Im Messmethodenvergleich zwischen Sonographie und CT sind hingegen deutliche Abweichungen nachweisbar. Die Ursache

der Diskrepanz der Ergebnisse der beiden Messmethoden wird in den unvermeidlich abweichenden Untersuchungsbedingungen vermutet. Die Darstellung und Vermessung des weichen Gaumens via Sonographie birgt das Potential einer schnellen, nichtinvasiven Diagnostik zum Nachweis einer Gaumensegelhyperplasie am wachen, brachyzephalen Patienten.

5 Zusammenfassung

Claudia Köhler

Sonographische Untersuchung und Dickenmessung des weichen Gaumens beim Hund

Klinik für Kleintiere der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Eingereicht im Januar 2014

(58 Seiten, 24 Abbildungen, 6 Tabellen, 179 Literaturangaben, Anhang)

Schlüsselwörter: Weicher Gaumen, Sonographie, Computertomographie (CT), Sonoanatomie, Dickenmessung, Brachycephalensyndrom, Hund

In der Veterinärmedizin existieren nur wenige Veröffentlichungen zur, in der Humanmedizin weitgehend etablierten, Sonographie des Oropharynx. Da vor allem bei brachycephalen Hunden das Ausmaß der Hyperplasie der oropharyngealen Weichteile, insbesondere des weichen Gaumens, von großem diagnostischen Interesse ist, wird nach Möglichkeiten zur wenig invasiven Untersuchung dieser Region am wachen Patienten gesucht. So war es Ziel dieser kumulativen Dissertation die Grundlagen der sonographischen Untersuchungs- und Messmethode am weichen Gaumen zu erarbeiten. Die Darstellung der sonographischen Anatomie des weichen Gaumens und der Umgebung erfolgte in der ersten Studie an sieben Tierkörpern normozephaler Hunderassen. Die transkutane Untersuchung erfolgte bei submentaler Schallkopfaufgabe. Zudem kamen speziell geformte Schallköpfe zur direkten Auflage auf den weichen Gaumen in einer intraoralen Untersuchung zum Einsatz. Zur Erleichterung der Identifizierung der anatomischen Strukturen wurden Wasserbad- und sequentielle Ultraschalluntersuchungen im Anschluss an submentale Weichteilpräparationen des Maulhöhlenbodens durchgeführt. Unter Herstellung des Gewebekontaktes zwischen Zunge und weichem Gaumen bei submentaler Schallkopfaufgabe, gelang die transkutane sonographische Darstellung des weichen Gaumens im kranialen und mittleren Bereich. Der weiche Gaumen wies eine mondsichelähnliche Form und eine geringe Echogenität auf. Als charakteristisch zeigte sich der Übergang von hartem zu weichem Gaumen, die Darstellung des kaudalen Anteils des

Gaumensegels ist aufgrund der umgebenen Luft und Überlagerung mit dem Zungenbein nur eingeschränkt möglich. Die intraorale Untersuchung erlaubte die Darstellung der gaumenspezi-fischen Echotextur.

In der zweiten Studie wurde an 15 normozephalen Hunden in Allgemeinanästhesie die Dicke der Gaumensegel sowohl sonographisch als auch computertomographisch an zwei definierten Messpunkten bestimmt. Die Übereinstimmung der Ergebnisse von wiederholten Messungen mit der jeweiligen Messmethode wurde geprüft. Die wiederholten Messungen erzielten sehr gute Übereinstimmungen (Mean absolute deviation von 0), so dass davon ausgegangen werden kann, dass sowohl die Sonographie als auch die CT reproduzierbare Messungen ermöglicht. Im Messmethodenvergleich wurden die Messergebnisse, die mit den unterschiedlichen Messverfahren (Ultraschall und CT) gewonnen wurden, in der Bland-Altman Auswertung miteinander verglichen. Es waren Abweichungen für beide Messpunkte zu verzeichnen, wobei der Mittelwert der Abweichung vor allem für den zweiten Messpunkt mit 0,31 cm als hoch anzusehen ist. Der Mittelwert der Abweichung fällt am ersten Messpunkt mit 0,08 cm geringer aus. Die klinisch relevanten Abweichungen wurden als Folge der zwischen beiden Messmethoden variierenden Untersuchungsbedingungen, insbesondere der abweichenden Patientenlagerung, interpretiert. Sonographie und CT sind damit, trotz guter Reliabilität des einzelnen Verfahrens, als nicht austauschbare Methoden zur Gaumensegeldickenmessung anzusehen.

Die transkutane Sonographie ermöglichte, unter den geschilderten Untersuchungsbedingungen, erstmals eine Darstellung des kranialen und mittleren Anteils des weichen Gaumens. Der kaudale Anteil des Gaumensegels konnte nicht identifiziert werden. Die Sonographie birgt, nach Ermittlung entsprechender Referenzbereiche, das Potential einer nichtinvasiven, schnellen Untersuchungsmethode zur Vermessung der Gaumensegeldicke am wachen Hund.

6 Summary

Claudia Köhler

Sonographic imaging and thickness measurement of the soft palate in dogs

Department of Small Animal Medicine, University of Leipzig

Submitted in January 2014

(58 pages, 24 figures, 6 tables, 179 references, appendix)

Keywords: soft palate, sonography, computed tomography (CT), sonoanatomy, thickness measurement of the soft palate, brachycephalic airway syndrom, dog

There are only few publications regarding the sonography of the oropharynx in veterinary medicine, a diagnostic method widely established in human medicine. The evaluation of the degree of hyperplasia of oropharyngeal soft tissue and especially the soft palate is of major concern in brachycephalic dogs. Hence a noninvasive diagnostic tool is needed to examine this region in non-anaesthetised patients. Purpose of this cumulative dissertation was therefore to develop the fundamentals of sonographic imaging and thickness measurement of soft palate in dogs. In the first study, sonographic imaging of the anatomy of the soft palate and the surrounding tissue was performed on the heads of seven normocephalic dogs. The transcutaneous examinations were performed by a submental approach of the transducer. The soft palate was examined additionally by direct intraoral application of specially formed transducers. Identification of anatomical structures was facilitated by waterbath- and sonographic examinations. These were performed subsequently after the preparation of every submental soft tissue layer by submental approach. Transcutaneous sonographic imaging of the soft palate was achieved by creating tissue-contact between tongue and soft palate via submental approach for the cranial and middle part of the organ. The soft palate was hypoechoic and had a crescent shaped appearance. The transition between hard and soft palate showed a characteristic sonographic image. Visualisation of the caudal part of the velum was limited by surrounding air and superposition of the hyoid bone. The intraoral examination enabled the imaging of the specific echotexture of the palate.

In the second study measurements of soft palate thickness were performed on 15 normocephalic anaesthetised dogs by sonography and computed tomography at two defined localisations of the organ. The consistency of the results of repeated measurements was tested for each method. There was a good agreement between the repeated measurements of each method (mean absolute deviation 0). Based on that fact it can be assumed that both sonography and CT allow reproducible measurements. Furthermore the concurrence of the results of both methods (sonography and CT) was tested with Bland-Altman analysis. The comparison of data generated by the two different measurement methods (sonography and CT) showed deviating results for both measured points. In particular the median difference for the second measurement point was high with 0,31 cm compared with the median difference for the first measurement point which was lower with 0,08 cm. The significant discrepancies in the results of the two measuring methods were interpreted as a result of differing examination conditions, especially variation in patient positioning. Although each method shows a good reliability, sonography and CT are not interchangeable for the measurement of the thickness of the soft palate.

In consideration of the delineated examination conditions, sonographic imaging of the cranial and middle part of the soft palate was achieved by transcutaneous approach for the first time. Visualisation of the caudal part of the soft palate was not possible. Sonography can be a noninvasive, quick diagnostic method for thickness measurement of the soft palate in non-anaesthetised dogs, if appropriate reference values are determined.

7 Literaturverzeichnis

- Alef M, Hueber JP, Oechtering GU. Die Anästhesie bei brachycephalen Rassen. Besonderheiten und Risiken. *Kleintier konkret*. 2007;10(5):16-21.
- Amis TC, O'Neill N, Van der Touw T, Brancatisano A. Mechanism of oronasal airflow partitioning in dogs. *Respir Physiol*. 1996;104(2-3):169-177.
- Amis TC, O'Neill N, Wheatley JR, Van der Touw T, Di Somma E, Brancatisano A. Soft palate muscle responses to negative upper airway pressure. *J Appl Physiol*. 1999;86:523-530.
- Aron DN, Crowe DT. Upper airway obstruction. General principles and selected conditions in the dog and cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1985;15(5):891-917.
- Arrighi S, Pichetto M, Roccabianca P, Romussi S. The anatomy of the dog soft palate. I. Histological evaluation of the caudal soft palate in mesaticephalic breeds. *Anat rec*. 2011;294:1261-1266.
- Avrahami E, Englender M. Relation between CT axial cross-sectional area of the oropharynx and obstructive sleep apnea syndrome in adults. *Am J Neuroradiol*. 1995;16:135-140.
- Biewener AA, Soghikian GW, Crompton AW. Regulation of respiratory airflow during panting and feeding in the dog. *Respir Physiol*. 1985;61(2):185-195.
- Birchard SJ. Brachycephalic syndrome. Proceedings of the 29th annual surgical forum, ACVS Veterinary Symposium, Small Animals; 2001 Oct 1; Chicago, USA. ACVS; 2001.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986:307-310.
- Bortz J, Schuster C. Statistische Kennwerte. In: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer Verlag; 2010. p. 33.
- Bray JP, Lipscombe VJ, White RAS et al. Ultrasonographic examination of the pharynx and larynx of the normal dog. *Vet Radiol Ultrasound*. 1998; 39(6):566-571.
- Brdecka D, Rawlings C, Howerth E, Cornell K, Stiffler K. A Histopathological comparison of two techniques for soft palate resection in normal dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2007;43(1):39-44.
- Breves G. Magen-Darm-Kanal. In: Engelhardt W. Physiologie der Haustiere. Stuttgart: Enke Verlag 2010. p. 332-333.

- Brooks A, Connolly J, Chan O. Procedural applications of emergency bedside ultrasound. In: *Ultrasound in emergency case*. Malden, USA: Blackwell 2004. p. 117.
- Budras KD, Fricke W. Schlundkopf. In: *Atlas der Anatomie des Hundes*. Hannover: Schlütersche;1991. p. 41-43.
- Caballero P, Alvarez-Sala R, Garcia-Rio F, Prados C, Hernán MA, Villamor J, Alvarez-Sala JL. CT in the evaluation of the upper airway in healthy subjects and in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Chest*. 1998;113:111-116.
- Cahali MB, Formigoni GGS, Gebrim EMMS, Miziar ID. Lateral pharyngoplasty versus uvulopalatopharyngoplasty: a clinical, polysomnographic and computed tomography measurement comparison. *Sleep*. 2004; 27(5):942-950.
- Carrera JM, Figueras F, Meter E. Obstetrics. In: Kurjak A, Chervenak FA. *Donald School Textbook of Ultrasound in obstetrics and gynecology*. New Delhi: Jaypee Verlag 2011. p. 222.
- Casser HR, Füsting M, Tenbrock F. Experimentelle Untersuchungen zur Meniskus-Sonographie. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1991;129(1):94-103.
- Coulson A, Lewis N. Soft tissue. In: *An Atlas of interpretative radiographic anatomy of the dog and cat*. Ames, Iowa: Blackwell 2002. p. 293.
- Cuccia AM, Campisi G, Cannvale R, Colella G. Obesity and craniofacial variables in subjects with obstructive sleep apnea syndrome: comparisons of cephalometric values. *Head & Face Medicine* 2007;3:41.
- Delorme S, Debus J. Messen, dokumentieren, befunden, beurteilen. In: *Ultraschalldiagnostik*. Stuttgart: Hippokrates Verlag 2005. p. 90.
- Dettmeyer RB, Verhoff MA. Forensische Radiologie. In: *Rechtsmedizin*. Heidelberg: Springer Verlag 2011. p. 247-248.
- Dössel O. Ultraschall. In: *Bildgebende Verfahren in der Medizin. Von der Technik bis zur medizinischen Anwendung*. Berlin: Springer 2000. p. 191.
- Dudley N. B-Mode Measurements. In: *Diagnostic Ultrasound, Physics and Equipment*. Cambridge: Cambridge University Express 2010. p. 75-83.
- Dupré G, Findji L, Oechtering G. Brachycephalic airway syndrome. In: *Monnet E. Small animal soft tissue surgery*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell 2013. p. 169-176.
- Elliot TC, Downey DB, Torg S, McLean CA, Fenster A. Accuracy of prostate volume measurements in vitro using three-dimensional ultrasound. *Acad Radiol*. 1996;3:401-406.

- Epstein MA, Stone M. The tongue stops here: Ultrasound imaging of the palate. *J Acoust Soc Am.* 2005;118(4):2128-2131.
- Ettema SL, Kuehn DP, Perlman AL, Alperin N. Magnetic resonance imaging of the levator veli palatine muscle during speech. *Cleft Palate Craniofac J.* 2002;39(2):130-144.
- Evans JL, Ng KH, Vonesh MJ, Kramer BL, Meyers SN, Mills TA, Kane SJ, Aldrich WN, Jang YT, Yock PG. Arterial imaging with a new forward-viewing intravascular ultrasound catheter. Initial studies. *Circulation.* 1994;89:712-717.
- Farquharson J, Smith DW. Resection of the soft palate in the dog. *J Am Vet Med Assoc.* 1942;100:427-430.
- Fenster A, Downey DB, Cardinal HN. Three-dimensional ultrasound imaging. *Phys Med Bio.* 2001;46:67-99.
- Findji L, Dupré G. Folded flap palatoplasty for treatment of elongated soft palates in 55 dogs. *Wien Tierärztl Mschr.* 2008;95:56-63.
- Fitch WT. The phonetic potential of nonhuman vocal tracts: comparative cineradiographic observations of vocalizing animals. *Phonetica.* 2000;57:205-218.
- Forrest LJ, Schwarz T. Oral cavity, mandible, maxilla and dental apparatus. In: Schwarz T, Saunders J. *Veterinary computed tomography.* Ames, Iowa: Wiley-Blackwell 2011. p. 111.
- Frentzel-Beyme B, Ledwa D. Echomorphology of the prostate. *Ultraschall Med.* 1986;7(1):7-16.
- Frühwald F. Mundhöhle und Oropharynx. In: Czembirek H, Frühwald F, Gritzmann N. *Kopf-Hals-Sonographie.* Wien: Springer Verlag 1988. p. 71-77.
- Gaschen L, Kircher P. Endoscopic ultrasound instrumentation, applications in humans, and potential veterinary applications. *Vet Radiol Ultrasound.* 2003;44(6):665-680.
- Gaschen L, Kircher P, Hoffmann G, Luckschander N, Schmoekel H, Spreng D, Lang J. Endoscopic ultrasonography for the diagnosis of intrathoracic lesions in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2003;44(3):292-299.
- Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, Taccone P, Mascheroni D, Labarta V, Malacrida R, Di Giulio P, Fumagalli R, Pelosi P, Brazzi L, Latini R, Prone-supine Study Group. *N Engl J Med.* 2001;345(8):568-573.
- Gavin PR, Holmes SP. Head-Non-CNS. In: Gavin PR, Bagley RS. *Practical small animal MRI.* Ames, Iowa: Wiley-Blackwell 2009. p. 309.

- Goldberg MB, Langman VA, Taylor CR. Panting in dogs: paths of air flow in Response to heat and exercise. *Respir Physiol.* 1981;43(3):327-338.
- Grand J-GR, Bureau S. Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non-brachycephalic dogs analysed by CT. *J Small Anim Pract.* 2011;52:232-239.
- Grau T. Erste Anwendungen des Ultraschalls in der Medizin. In: *Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin. Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik.* Köln: Deutscher Ärzteverlag 2007. p. 7.
- Grouven U, Bender R, Ziegler A, Lange S. Comparing methods of measurement. *Dtsch Med Wochenschr.* 2007;132 Suppl 1:e69-73.
- Hanneman RA, Kposowa AJ, Riddle MD. Mean Absolute Deviation. In: *Basic statistics for social research.* San Francisco: Wiley Verlag 2012. p. 127.
- Hayes GM, Friend EJ, Jeffery ND. Relationship between pharyngeal conformation and otitis media with effusion in Cavalier King Charles Spaniels. *Vet Rec.* 2010;167(2):55-8.
- Hendricks JC, Kline LR, Kovalski RJ, O'Brien JA, Morrison AR, Pack AI. The English Bulldog: a natural model of sleep-disordered breathing. *J Appl Physiol.* 1987;63(4):1344-1350.
- Hendricks JC. Brachycephalic airway syndrome. In: King LG. *Textbook of respiratory disease in dogs and cats.* St. Louis, Missouri: Saunders, Elsevier 2004. p. 310.
- Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD, Gandevia SC. Measurement of muscle Contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerv.* 2003;27(6):682-692.
- Hoskins P. Elastography. In: Hoskins P, Martin K, Thrush A. *Diagnostic ultrasound. Physics and Equipment.* Cambridge: Cambridge Verlag 2010. p.196.
- Howry DH, Bliss WR. Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. *J Lab Clin Med.* 1952;40(4):579-592.
- Hueber JP. Impulsoszillometrische Untersuchung des intranasalen Atmungswiderstandes vor und nach laserassistierter Turbinektomie zur Therapie des Brachyzephalen Atemnotsyndroms beim Hund. [Dissertation med. vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2009.
- Hughes SW, D'Arcy TJ, Maxwell DJ, Chiu W, Milner A, Saunders JE, Sheppard R. Volume estimation from multiplanar 2D ultrasound images using a remote electromagnetic position and orientation sensor. *Ultrasound Med Biol.* 1996;22:561-572.

- Hwang JH, Kwon YS, Kang EH, Koh WJ, Kang KW, Kim HC, Chung MP, Kim HJ, Kwon OJ, Suh GY. Prone positioning improves oxygenation without adverse hemodynamic effects during partial liquid ventilation in a canine model of acute lung injury. *Korean J Intern Med.* 2004;19:237-242.
- Iro H. Sonographie von Mundboden, Zunge und Oropharynx. In: Iro H, Uttenweiler V, Zenk J. In: *Kopf-Hals-Sonographie.* Berlin: Springer Verlag 2000. p. 58-67.
- Issing PR, Stieve M, Teckenburg Y, Schwab B, Hammersen J, Lenarz TH. Möglichkeiten der intraoperativen Anwendung der Sonographie bei Eingriffen im Kopf-Halsbereich. *Journal DGPW.* 2002:40-42.
- Jacobs LA, Dickinson JE, Hart PD, Doherty DA, Faulkner SJ. Normal nipple Position in term infants measured on breastfeeding ultrasound. *J Hum Lact.* 2007;23(1):52-59.
- Jecker P. Normalbefunde der Ultraschalluntersuchung des Halses und der Speicheldrüsen. In: Welkoborsky HJ, Jecker P, Maurer J, Mann WJ. *Ultraschalldiagnostik Kopf-Hals.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2013. p. 41.
- Jones B. Radiographic evaluation of motility of mouth and pharynx. Part 1 Oral cavity, pharynx and esophageus. *GI motility online* 2006 (zitiert vom 01.09.2013);,ISSN:1403996113.
- Kafka UC, Carstens A, Steenkamp G, Symington H. Diagnostic value of magnetic resonance imaging and computed tomography for oral masses in dogs. *J S Afr Vet Assoc.* 2004;75(4):163-168.
- Kapsimalis F, Kryger MH. Gender and obstructive sleep apnea syndrome, part 2: mechanisms. *Sleep.* 2002;25(5):499-506.
- Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol.* 1993;74(6):2740-2744.
- Kiefer J, Kiefer I. Nichtionisierende Strahlen und Ultraschall. In: *Allgemeine Radiologie. Strahlenanwendung-Strahlenwirkung-Strahlenschutz.* Berlin: Blackwell Verlag 2003. p. 20-23.
- Kim GR, Kim KM, Choi HS. Magnetic control for the vocal cord adduction in the canine. *Auris Nasus Larynx.* 1989,16(1):65-70.
- Koch D, Arnold S, Huber M, Montavon PM. Brachycephalic syndrome in dogs. *Compendium.* 2003;25(1):48-55.
- Kogo M, Tanaka S, Ishii S, Hamaguchi M, Iida S, Matsuya T. Activities of superior pharyngeal constrictor and levator veli palatine muscles related to respiration in dogs. *Cleft Palate Craniofac.* 1997;34(4):338-341.

- Kogo M, Iida S, Senoo H, Ishii S, Hamaguchi M, Enomoto A, Matsuya T. Effects of subglottal air pressure on velopharyngeal muscle activity in dogs. *Cleft Palate Craniofac.* 2003;40(4):351-355.
- Kohn W. Quantitative Merkmale. In: *Statistik. Datenanalyse und Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Berlin: Springer Verlag 2005. p. 73.
- Kook PH, Baloi P, Ruetten M, Pantchev N, Reusch CE, Kircher P. Feasibility and safety of endoscopic ultrasound-guided fine needle aspiration of the pancreas in dogs. *J Vet Intern Med.* 2012;26(3):513-517.
- Kramer M, Gerwing M. The ultrasonic diagnosis of foreign bodies in the dog and cat. *Tierärztl Prax.* 1996;24(4):378-384.
- Kramme R. *Ultraschalldiagnostik*. In: *Medizintechnik*. Heidelberg: Springer Verlag 2007. p. 312-313.
- Kristensen MS. Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2011;55:1155-1173.
- Krouskop TA, Wheeler TM, Kallel F, Garra BS, Hall T. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression. *Ultrason imaging.* 1998; 20(4):260-274.
- Kurimoto T. Role of the soft palate in respiration: an electromyographic study in the dog. *Osaka Daigaku Shigaku Zasshi.* 1989;34(1):240-254.
- Kwiecien R, Kopp-Schneider A, Blettner M. Concordance analysis-part 16 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Aertztebl Int.* 2011;108(30):515-521.
- Laurenson MP, Zwingenberger AL, Cissell DD, Johnson LR, McPeters MJ, Spriet MP, Taylor SL, Pollard RE. Computed tomography of the pharynx in a closed vs. open mouth position. *Vet Radiol Ultrasound.* 2011;52(4):357-361.
- Lauterbach J. *Korrelation zwischen Kieferfehlstellungen und obstruktivem Schlafapnoe-Hypopnoe-Syndrom anhand kephalometrischer Untersuchungen und Diagnostik des Schlaflabors [Dissertation med.]*. Rostock: Univ. Rostock; 2010.
- Lee RWW, Sutherland K, Chan ASL, Zeng B, Grunstein RR, Darendeliler MA, Schwab RJ, Cistulli PA. Relationship between surface facial dimensions and upper airway structures in obstructive sleep apnea in obstructive sleep apnea. *Sleep.* 2010;33(9):1249-1254.
- Lodato DL, Hedlund CS. Brachycephalic airway syndrome: pathophysiology and diagnosis. *Compend Contin Educ Vet.* 2012;34(7):1-5.
- Lorinson D, Bright RM, White RAS. Brachycephalic airway obstruction syndrome – a review of 118 cases. *Canine Practice.* 1997;22:18.

- Lu JH, Hofmann D, Hanau D, Kowalewski S, Födisch HJ. Postmortale Ultrasonografie und Morphologie des fetalen und neonatalen Gehirns. *Ultraschall in Klinik und Praxis*. 1992;7(2):60-66.
- Lutz H. *Ultraschallfibel Innere Medizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2007. p. 146.
- Madea B. *Thanatologie*. In: *Praxis Rechtsmedizin*. Heidelberg: Springer Verlag 2003. p. 48.
- Malzer U, Kienapfel H, Feltes E, Schuler P, Griss P. Sonographische Effekte am isolierten Kniegelenksmodell. *Ultraschall-diagnostik '90*. 1990;17:527-531.
- Mende U, Krempien R, Hassfeld S, Wörn H, Mühling J, Wannenmacher M. 3D-Ultraschall: Eine wertvolle Ergänzung bei Therapieplanung und Verlaufskontrolle von Kopf-Hals-Tumoren. *Ultraschall in Med*. 2002;81:101-107.
- Meurer DG, Wolf S. *Gesamttod*. In: *Allgemeine Pathologie. Kompendium für die Veterinärmedizin*. Stuttgart: Schattauer 2007. p. 284-285.
- Mielke G, Brandrup-Lukenow A, Utech C, Bandilla K, Higer P, Loch EG. Sonographie des Kniegelenks: Normalbefunde, Veränderungen bei rheumatoider Arthritis, Verlaufskontrollen nach Radiosynoviorthese. *Ultraschall-diagnostik '87*. 1987:656-659.
- Monnet E. Brachycephalic airway syndrome. In: *Slatter D. Textbook of small animal surgery*. Philadelphia: Saunders 2003. p. 808-813.
- Muhlbauer MC, Kneller SK. Pharynx and larynx abnormalities. In: *Radiography of the dog and cat*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell 2013. p. 274.
- Myles PS, Cui J. Using the Bland-Altman method to measure agreement with repeated measures. *Br J Anaesth*. 2007;99(3):309-311.
- Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Schlundkopf, Rachen, Pharynx. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band II Eingeweide*, Berlin: Parey Verlag 1960. p. 43-49.
- Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Mundhöhle und Schlundkopf. In: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band II Eingeweide*, Berlin: Parey Verlag 1999. p. 49.
- Nöller C, Hueber J, Aupperle H, Seeger J, Oechtering TH, Niesterok C, Oechtering GU. New aspects of brachycephalia in dogs and cats - basics: Insights into embryology, anatomy and pathophysiology. *Proceedings of the 26th American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM)*; 2008 Jun 4-7; San Antonio, Texas, USA. ACVIM; 2008.

- Norer B. Sonographie. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde:Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2000. p. 294.
- Oechtering TH, Oechtering GU, Nöller C. Strukturelle Besonderheiten der Nase brachycephaler Hunderassen in der Computertomographie. *Tieraerztl Prax.* 2007; 35:177-187.
- Oechtering GU, Hueber J, Kiefer I, Noeller C. New aspects of brachycephalia in dogs and cats – diagnostics: Imaging and functional testing. *Proceedings of the 26th American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM); 2008 Jun 4-7; San Antonio, Texas, USA. ACVIM; 2008.*
- Oechtering GU. Das Brachycephalensyndrom – Neue Informationen zu einer alten Erbkrankheit. *Veterinary Focus.* 2010;20(2):2-9.
- Ophir J, Alam SK, Garra B, Kallel F, Konofagou E, Krouskop T, Varghese T. Elastography:ultrasonic estimation and imaging of the elastic properties of tissues. *Proc Inst Mech Eng H.* 1999;213(3):203-233.
- Orsher RJ. Brachycephalic airway disease. In: Bojrab MJ: *Disease Mechanisms in Small Animal Surgery.* Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier;1993. p. 369-370.
- Penninck DG, Nyland TG, Fisher PE, Kerr LY. Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract. *Vet Radiol Ultrasound.* 1989;30(6): 272-276.
- Petrof B, Pack AI, Kelly AM, Eby J, Hendricks JC. Pharyngeal myopathy of loaded upper airways in dogs with sleep apnea. *J Appl Physiol.* 1994;76(4): 1746-1752.
- Pianyk OS. *Digital imaging and communications in medicine (DICOM).* Berlin: Springer Verlag 2012. p. 85.
- Pichetto M, Arrighi S, Roccabianca P, Romussi S. The anatomy of the dog soft palate. II Histological evaluation of the caudal soft palate in brachycephalic breeds with grade I brachycephalic airway obstructive syndrome. *Anat rec.* 2011;294:1267-1272.
- Pignoli P, Tremoli E, Poli A, Oreste P, Paoletti R. Intimal plus medial thickness of the arterial wall: a direct measurement with ultrasound imaging. *Circulation.* 1986;74:1399-1406.
- Planellas M, Cuenca R, Tabar MD, Bertolani C, Poncet C, Closa JM, Lorente J, Cerón JJ, Pastor J. Evaluation of c-reactive protein, Haptoglobin and cardiac troponin 1 levels in brachycephalic dogs with upper airway obstructive syndrome. *BMC Vet Res.* 2012;31(8):152.

- Pollard RE. Imaging evaluation of dogs and cats with dysphagia. *Veterinary science online* 2012 (zitiert vom 01.09.2013), ISSN:238505.
- Poncet CM, Dupré GP, Freiche VG, Bouvy BM. Long term results of upper respiratory syndrome surgery and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs. *J Small Anim Pract.* 2006;47(3):137-142.
- Poulsen Nautrup C, Tobias R. Kopf. In: *Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze*. Hannover: Schlütersche Verlag;2007:83.
- Prachartam N, Hans MG, Strohl KP, Redline S. Upright and supine cephalometric evaluation of obstructive sleep apnea syndrome and snoring subjects. *Angle Orthod.* 1994;64(1):63-73.
- Praveen BN, Amrutesh S, Pal S, Shubhasini AR, Vaseemuddin S. Various shapes of soft palate: a lateral cephalometric study. *J Dent.* 2011;2(3):207.
- Pusterla N, Latson KM, Wilson WD, Whitcomb MB. Metallic foreign bodies in the tongues of 16 horses. *Vet Rec.* 2006;159(15):485-488.
- Rebol J, Takač I, Želko B. Intraoral sonographic evaluation of parapharyngeal space tumors. *J clin ultrasound.* 2001;29(5):302-305.
- Reese S. Hypothyreose – Sonographische Diagnostik beim Hund. *Fachpraxis.* 2008;54:36-40.
- Rettenbacher T, Tzankov A, Hollerweger A. Sonographische Erscheinungsbilder von Ödem der Subkutis und Kutis – Korrelation mit der Histologie. *Ultraschall in Med.* 2006;27(3):240-244.
- Riechert M. Untersuchungen ausgewählter Nierenkrankheiten beim Frettchen. [Dissertation med. vet]. München: Ludwig-Maximilians-Univ. München; 2005.
- Riecks TW, Birchard SJ, Stephens JA. Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991-2004). *J Am Vet Med Assoc.* 2007;230:1324-1328.
- Roedler FS, Pohl S, Oechtering GU. How does severe brachycephaly affect dog's lives? Results of a structured preoperative owner questionnaire. *The Veterinary Journal* 2013;198(3):606-610.
- Rosaspina M. Vergleichende Untersuchungen am oberen Respirationstrakt bei Norwich Terriern, brachycephalen Hunden und mesocephalen Hunden [Dissertation med. vet]. Zürich: Univ. Zürich; 2005.
- Rubesin SE, Jones B, Donner M. Radiology of the adult soft palate. *Dysphagia.* 1987;2(1):8-17.

- Rudorf H. Ultrasonographic imaging of the tongue and larynx in normal dogs. *J Small Anim Pract.* 1997;38:439-444.
- Ryan CF, Lowe AA, Li D, Fleetham JA. Three-dimensional upper airway computed tomography in obstructive sleep apnea. A prospective study in patients treated by uvulopalatopharyngoplasty. *Am Rev Respir Dis.* 1991; 144(2):428-132.
- Salomon FV, Geyer H, Gille U. Schlundkopf, Pharynx. In: *Anatomie für die Tiermedizin*, Stuttgart: Enke Verlag 2005. p. 265-268.
- Schnappauf A. Die sonographische Untersuchung und Vermessung des Kniegelenkes bei Hunden mit Patellaluxation. [Dissertation med. vet]. Gießen: Univ. Gießen; 2005.
- Schotland HM, Insko EK, Panckeri KA, Leigh JS, Pack AI, Hendricks JC. Quantitative magnetic resonance imaging of upper airways musculature in an animal model of sleep apnea. *J Appl Physiol.* 1996;81:1339-1346.
- Schwab RJ, Gefter WB, Hoffman EA, Gupta KB, Pack AL. Dynamic upper airway imaging during awake respiration in normal subjects and patients with sleep disordered breathing. *Am Rev Respir Dis.* 1993;148(5):1385-1400.
- Schwab RJ. Properties of tissues surrounding the upper airway. *Sleep.* 1996;19(10):170-174.
- Schweighauser A, Gaschen F, Steiner J, Allenspach K, Francey T, Gaschen L. Evaluation of endosonography as a new diagnostic tool for feline pancreatitis. *J Feline Med Surg.* 2009;11(6):492-498.
- Shawker TH, Sonies BC, Stone M. Soft tissue anatomy of the tongue and floor of the mouth:an ultrasound demonstration. *Brain and language.* 1984; 21:335-350.
- Shepard JW Jr, Gefter WB, Guilleminault C, Hoffman EA, Hoffstein V, Hudgel DW, Suratt PM, White DP. Evaluation of the upper airway in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep.* 1991;14(4):361-371.
- Smoker WRK, Schuknecht B. Imaging diseases of the pharynx and oral cavity. *Diseases of the brain, head & neck. Spine.* 2012;130-142.
- Solano M, Penninck DG. Ultrasonography of the canine, feline and equine tongue: normal findings and case history reports. *Vet Radiol Ultrasound* 1996;37(3):206-213.
- Sonies B, Shawker T, Hall T, Gerber L, Leighton S. Ultrasonic visualization of tongue motion during speech. *J Acoust Soc Am.* 1981;70:683-686.

- Sonntag F, Mihaljević M. Grundlagen der Computertomografie. In: Mihaljević M, Kramer M, Gomerčić H. CT und MRT-Atlas. Transversalanatomie des Hundes. Stuttgart: Parey 2009. p. 6.
- Steinhart H, Mendel M, Schröder H-G. Endosonographie des Pharynx. Laryngo-Rhino-Otol. 1996;75(11):682-686.
- Strunk H, Weber W, Steffen W, Spielberger M, Düber C, Erbel R, Dietz U, Schäfer M. Perkutane sonographische Angioplastie. Erste experimentelle Ergebnisse. Fortschr Röntgenstr. 1992;156(1):33-36.
- Stuck BA, Maurer JT, Verse T, Hörmann K. Diagnostik und Therapie des primären Schnarchens. Deutsches Ärzteblatt. 2002;99(11):710-717.
- Sturzenberger N. Veränderungen des Gesichts-/Gehirnschädelverhältnisses (S-Index) ausgewählter brachycephaler Hunderassen im Verlaufe der letzten 100 Jahre [Dissertation med. vet]. Zürich: Univ. Zürich; 2011.
- Taboada J, Hedlund CS. Der Rachen. In: Farbatlas der Hals-Nasen-Ohren-Erkrankungen bei Kleintiere. Hannover: Schlütersche 2002. p. 201.
- Tamura E, Kitahara S, Kohno N. Clinical assessment of intralaryngeal ultrasonography. Laryngoscope. 2001;111(10):1767-1770.
- Tamura E., Kitahara S, Kohno N. Intralaryngeal application of a miniaturized ultrasonic probe. Acta Otolaryngol. 2002;122(1):92-95.
- Theissing J. Eingriffe in der Mundhöhle und im Oropharynx. In: Theissing J, Rettinger J, Werner JA. HNO-Operationslehre. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2006. p. 185.
- Torrez CV, Hunt GB. Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstruction syndrome in dogs in Australia. J Small Anim Pract. 2006;47(3):150-154.
- Trappler M, Moore KW. Canine brachycephalic airway syndrome: pathophysiology, diagnosis, and nonsurgical management. Compend Contin Educ Vet. 2011;33(5):1-5.
- Tsou IYY, Tham SC, Wansaicheiong GKL. Imaging of the hand. In: Dogra VS, Gaitin D. Musculoskeletal ultrasound with MRI correlations. New York: Thieme Verlag 2004. p. 74.
- Venker-Van Haagen AJ. Hyperplasia of the soft palate. In: Ear, nose, throat, and tracheobronchial diseases in dogs and cats. Hannover: Schlütersche; 2005. p. 92-93.
- Weber F, Woolridge MW, Baum JD. An ultrasonographic study of the organization of sucking and swallowing at newborn infants. Dev Med Child Neurol. 1986;28(1):19-24.

- Welch KC, Foster GD, Ritter CT, Wadden TA, Arens R, Maislin G, Schwab RJ. A novel volumetric magnetic resonance imaging paradigm to study upper airway anatomy. *Sleep*. 2002;25(5):532-542.
- White R. Brachycephalic airway obstructing syndrome. Some further controversies. Proceedings of the Autumn Scientific Meeting of Association of Veterinary Soft Tissue Surgeons (AVSTS); 2010 Oct 1-2;Texas, USA. AVSTS; 2010.
- Wisner ER, Mattoon JS, Nyland TG. Neck. In: Nyland TG, Mattoon JS. *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders 2002. p. 300.
- Yang WT, Loveday EJ, Metreweli C, Sullivan PB. Ultrasound assessment of swallowing in malnourished disabled children. *Br J Radiol*. 1997;70:992-994.
- Yildirim N, Fitzpatrick K, Whyte R, Jalleh A, Wightman N, Douglas N. The effect of posture on upper airway dimensions in normal subjects and in patients with the sleep apnea/hypopnea syndrome. *Am Rev Respir Dis*. 1991;44:845-847.

Tabellen**Tab. 2: Signalement der untersuchten normozephalen Hunde; m: männlich; w: weiblich**

| Tier | Rasse | Geschlecht | Alter [Jahre] | Körpermasse [kg] |
|-------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | Langhaardackel | W | 9 | 6 |
| 2 | Deutscher Pinscher | M | 4 | 16 |
| 3 | Jack Russel Terrier | M | 8 | 9 |
| 4 | Rauhaardackel | W | 4 | 8 |
| 5 | Beagle | M | 9 | 24 |
| 6 | Rauhaardackel | M | 4 | 8 |
| 7 | Mischling | W | 8 | 16 |
| 8 | Mischling | M | 12 | 14 |
| 9 | Langhaardackel | M | 6 | 7 |
| 10 | Beagle | M | 8 | 24 |
| 11 | Beagle | M | 2 | 11 |
| 12 | Zwergschnauzer | M | 6 | 7 |
| 13 | Fox Terrier | M | 11 | 13 |
| 14 | Mischling | W | 12 | 21 |
| 15 | Cocker Spaniel | W | 7 | 20 |

Tab. 3: MAD-Werte (mean absolute deviation) innerhalb einer Messmethode;
C1: erster Messpunkt im CT, C2: zweiter Messpunkt im CT, S1: erster Messpunkt im
Ultraschall, S2: zweiter Messpunkt im Ultraschall, a-c: drei Ultraschallbilder pro
Messpunkt

| Patient | C1 MAD | C2 MAD | S1 MAD | S2 MAD | S1a-c MAD | S2a-c MAD |
|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 |

Tab. 4: MAD-Werte (mean absolute deviation) zwischen unterschiedlichen Messmethoden; C1: erster Messpunkt im CT, C2: zweiter Messpunkt im CT, S1: erster Messpunkt im Ultraschall, S2: zweiter Messpunkt im Ultraschall

| Patient | C1-S1 MAD | C2-S2 MAD |
|---------|-----------|-----------|
| 1 | 0,1 | 0,3 |
| 2 | 0 | 0,15 |
| 3 | 0,05 | 0,15 |
| 4 | 0,05 | 0,1 |
| 5 | 0 | 0,2 |
| 6 | 0 | 0,1 |
| 7 | 0 | 0,05 |
| 8 | 0,05 | 0,15 |
| 9 | 0,05 | 0,05 |
| 10 | 0 | 0,5 |
| 11 | 0,05 | 0,05 |
| 12 | 0,05 | 0,05 |
| 13 | 0,15 | 0,25 |
| 14 | 0,05 | 0,15 |
| 15 | 0,1 | 0,15 |

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Gerhard Oechtering bedanken, der die Anfertigung dieser Arbeit durch Schaffung der technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen ermöglichte. Auf der Grundlage seiner Kenntnisse und fachlichen Errungenschaften auf dem Tätigkeits- und Forschungsgebiet der Hals-Nasen-Ohren Chirurgie bei brachyzephalen Patienten konnte die Idee zu dieser Arbeit entstehen und umgesetzt werden.

Großer Dank gebührt insbesondere Herrn Dr. Ingmar Kiefer für die fachliche Betreuung meiner Arbeit. Mit der Vermittlung von sonographischen Fähig- und Fertigkeiten ermöglichte er nicht nur die Entstehung dieser Arbeit, sondern weckte auch mein Interesse an der Radiologie als solches. Von den ersten Gedanken zum Versuchsaufbau bis zur letzten Manuskriptdurchsicht begleitete er die Arbeit mit grenzenlosem Optimismus, enormer fachlicher Kompetenz und ansteckender Begeisterungsfähigkeit. Ich danke ihm für seinen Beistand als Zuhörer, Diskussionspartner und Ratgeber und für seine außergewöhnliche Hilfsbereitschaft in jeglichen Belangen, sowohl beruflicher als auch privater Natur.

Weiterhin möchte ich den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Klinik für Kleintiere der Universität Leipzig für die Unterstützung bei der Erfüllung der organisatorischen Voraussetzungen für die Durchführung der praktischen Untersuchungen danken. Meinen Kollegen der bildgebenden Abteilung gilt großer Dank für die freundschaftliche Zusammenarbeit und angenehme Arbeitsatmosphäre. Insbesondere Herrn PD Dr. Eberhard Ludewig und Frau Dr. Beate Bosch möchte ich für die fachlichen Diskussionen und Hilfestellungen danken. Bei meiner Kollegin Frau Marie Müller möchte ich mich für ihre Hilfestellungen bei der englischen Überarbeitung danken.

Herrn Maciej Rosolowski aus dem Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie möchte ich für die Unterstützung bei den statistischen Fragestellungen danken.

Frau Dr. Johanna Löw danke ich für Ihre sowohl freundschaftliche als auch fachliche Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit.

Besonders herzlich möchte ich meinen Eltern, Dietrich und Margit Haarstrick, für die grenzenlose persönliche und finanzielle Unterstützung danken, die für sie stets selbstverständlich ist. Nicht zuletzt ihr Stolz und ihr unerschütterliches Vertrauen in mich, motivieren mich in allen Lebenslagen und beruflichen Belangen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinem Mann Dr. Christian Köhler bedanken, ohne dessen Unterstützung die Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit unmöglich gewesen wäre. Sein grenzenloses Vertrauen in mich, seine Fürsorge und Hilfestellungen gaben in schwierigen Zeiten der Arbeit den entscheidenden Impuls zum Fortführen.