

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Vorstand: Prof. Dr. M. H. Erhard

Angefertigt unter der Leitung von

Prof. Dr. M. H. Erhard

**Aussagekraft eines Belastungstests für Möpfe bezüglich mit dem  
brachyzephalen Atemnotsyndrom assoziierter Probleme**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität

München

von

Verena Marlene Martin

aus Hadamar

München 2012

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. Dr. Erhard

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Reese

Tag der Promotion: 21.07.2012

Für meinen Vater

*Die Mitteilungsmöglichkeit des Menschen ist gewaltig, doch das meiste, was er sagt, ist hohl und falsch. Die Sprache der Tiere ist begrenzt, aber was die damit zum Ausdruck bringen ist wichtig und nützlich. Jede kleine Ehrlichkeit ist besser als eine große Lüge.*

(Leonardo da Vinci)

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABBKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2. LITERATURÜBERSICHT</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Für die Studie verwendete Hunderassen</b> .....	<b>7</b>
2.1.1. Der Mops.....	7
2.1.2. Der Retromops .....	8
2.1.3. Der Beagle.....	11
<b>2.2. Zuchttauglichkeitsprüfung</b> .....	<b>11</b>
2.2.1. Durchführungsbestimmung Belastungstest.....	12
<b>2.3. Kreislaufdaten in Ruhe</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4. Reaktionen des Körpers auf Belastung</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5. Anatomie und Funktion des Atmungsapparats</b> .....	<b>14</b>
2.5.1. Anatomie der oberen Atemwege.....	14
2.5.2. Anatomie der unteren Atemwege.....	15
2.5.3. Funktion der Nase und Nasenhöhlen .....	15
<b>2.6. Hundeschädel</b> .....	<b>16</b>
2.6.1. Schädelformen.....	16
2.6.2. Schädelmessungen zur Klassifizierung von Schädelformen.....	17
2.6.2.1. Index nach Evans .....	17
2.6.2.2. Indices nach Brehm.....	17
2.6.2.3. Modifizierung des Längen-Längen-Index.....	17
2.6.2.4. Kraniofazialer Winkel .....	18
2.6.3. Proportionsberechnungen.....	18
<b>2.7. Brachyzephalie</b> .....	<b>19</b>
2.7.1. Problematik der brachyzephalen Kopfform .....	19
2.7.2. Brachyzephalas Atemnotsyndrom.....	21
2.7.2.1. Pathophysiologie .....	21
2.7.2.2. Klinik.....	21
2.7.2.3. Therapie.....	22

2.7.3.	Diagnose von Stenosen der Atemwege .....	22
2.7.3.1.	Bildgebende Verfahren .....	22
2.7.3.2.	Fotoaufnahmen der Nase.....	22
2.7.3.3.	Rhinomanometrische Messungen .....	23
2.7.3.4.	Bestimmung des VEGF.....	23
<b>3.</b>	<b>TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.</b>	<b>Tiere.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.</b>	<b>Versuchsablauf allgemein.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.</b>	<b>Belastungstest .....</b>	<b>28</b>
3.3.1.	Möpfe und Retromöpfe.....	28
3.3.2.	Beagles .....	29
<b>3.4.</b>	<b>Blutuntersuchungen .....</b>	<b>30</b>
3.4.1.	Blutbild.....	31
3.4.2.	Organprofil.....	31
3.4.3.	VEGF .....	32
<b>3.5.</b>	<b>Fotoaufnahmen.....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.</b>	<b>Röntgenuntersuchung .....</b>	<b>33</b>
3.6.1.	Klassifizierung der Schädelformen .....	34
3.6.2.	Proportionsberechnungen des Schädels .....	37
<b>3.7.</b>	<b>Kraniofazialer Winkel .....</b>	<b>42</b>
<b>3.8.</b>	<b>Statistische Methode .....</b>	<b>42</b>
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1.</b>	<b>Auswertung des Belastungstest .....</b>	<b>44</b>
4.1.1.	Möpfe .....	44
4.1.2.	Retromöpfe und Beagle .....	46
<b>4.2.</b>	<b>Blutuntersuchungen .....</b>	<b>46</b>
4.2.1.	Blutbild und Organprofil.....	47
4.2.2.	VEGF .....	47
<b>4.3.</b>	<b>Vergleich Mops zu Retromops .....</b>	<b>47</b>
4.3.1.	Atemgeräusche .....	47
4.3.2.	Kreislaufdaten .....	48
4.3.2.1.	Atemfrequenz.....	48
4.3.2.2.	Herzfrequenz .....	50
4.3.2.3.	Körpertemperatur .....	51

4.3.3.	Nasenlochindex .....	52
4.3.4.	Röntgenauswertungen .....	53
4.3.4.1.	Klassifizierung der Schädelformen .....	53
4.3.4.2.	Proportionsberechnungen des Schädels .....	55
4.3.4.3.	Kraniofazialer Winkel .....	56
<b>4.4.</b>	<b>Aussagekraft der Untersuchungsmethoden .....</b>	<b>57</b>
4.4.1.	Kreislaufdaten in Ruhe .....	58
4.4.2.	Nasenlochindex .....	59
4.4.3.	Röntgenauswertung .....	59
4.4.3.1.	Klassifizierung der Schädelformen .....	59
4.4.3.2.	Proportionsberechnungen des Schädels .....	60
4.4.3.3.	Kraniofazialer Winkel .....	60
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1.</b>	<b>Kritik an der Methode .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2.</b>	<b>Beagles .....</b>	<b>62</b>
<b>5.3.</b>	<b>Vergleich Mops zu Retromops .....</b>	<b>63</b>
5.3.1.	Atemgeräusche .....	63
5.3.2.	Ruhewerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur .....	63
5.3.3.	Belastungswerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur .....	64
5.3.4.	Erholungswerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur .....	65
5.3.5.	Röntgen .....	65
5.3.5.1.	Klassifizierung der Schädelform .....	65
5.3.5.2.	Proportionsberechnungen des Schädels .....	66
5.3.6.	Nasenlochindex .....	67
<b>5.4.</b>	<b>Aussagekraft der Untersuchungsmethoden .....</b>	<b>67</b>
5.4.1.	Kreislaufdaten in Ruhe .....	67
5.4.2.	Röntgen .....	68
5.4.3.	Nasenlochindex .....	68
<b>5.5.</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>69</b>
<b>5.6.</b>	<b>Empfehlungen zur Durchführung des Belastungstests.....</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>75</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>81</b>

<b>9.</b>	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>87</b>
<b>10.</b>	<b>DECLARATION ON OATH / EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG...</b>	<b>89</b>

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>ATH</b>	Allianz der Tempelhunde e. V.
<b>AFB</b>	Atemfrequenz nach Belastung
<b>AFE</b>	Atemfrequenz nach Erholung
<b>AFR</b>	Atemfrequenz in Ruhe
<b>BAS</b>	brachycephales Atemnotsyndrom
<b>bpm</b>	beats per minute
<b>CAC</b>	kaudal aberrante Conchen
<b>DMC</b>	Deutscher Mopsclub e. V.
<b>FCI</b>	Fédération cynologie internationale
<b>GSL</b>	Gesichtsschädellänge
<b>HFB</b>	Herzfrequenz nach Belastung
<b>HFE</b>	Herzfrequenz nach Erholung
<b>HFR</b>	Herzfrequenz in Ruhe
<b>hG</b>	Länge harter Gaumen
<b>HKB</b>	Hirnkapselbreite
<b>HKb</b>	Hirnkapsellänge nach Brehm
<b>HKL</b>	Hirnkapsellänge
<b>LBI</b>	Längen-Breiten-Index nach Brehm
<b>LLI</b>	Längen-Längen-Index nach Brehm
<b>NHL</b>	Nasenhöhlenlänge
<b>RAC</b>	rostral aberrante Conchen
<b>S1</b>	Schädellänge 1
<b>S2</b>	Schädellänge 2
<b>SB</b>	Schädelbreite
<b>S-Index</b>	Schädelverhältnis nach Bali
<b>SL</b>	Schädelbreite
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>TB</b>	Temperatur nach Belastung
<b>TE</b>	Temperatur nach Erholung
<b>TR</b>	Temperatur in Ruhe
<b>VDH</b>	Verband für das Deutsche Hundewesen
<b>VEGF</b>	Vascular endothelial growth Factor

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Totalaufnahme eines Retromopses beiger Farbe. ....	9
Abbildung 2:	Seitenaufnahme vom Kopf eines Retromopses beiger Farbe. ....	10
Abbildung 3:	Frontalaufnahme eines Retromopses schwarzer Farbe. ....	10
Abbildung 4:	Seitenaufnahme vom Kopf eines Retromopses schwarzer Farbe. .	11
Abbildung 5:	Fotoaufnahme eines Mopses von frontal. ....	20
Abbildung 6:	Fotoaufnahme eines Mopses von lateral. ....	20
Abbildung 7:	Mops in der Gewöhnungsphase auf dem Laufband in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik. ....	26
Abbildung 8:	Mops während des Belastungstests auf dem Laufband in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik. ....	29
Abbildung 9:	Laufband auf dem Fakultätsgelände Oberwiesenfeld. ....	30
Abbildung 10:	Eingang des Laufbandes. ....	30
Abbildung 11:	Fotografie des Nasenspiegels zur Bestimmung des Verhältnisses Nasenlochbreite (NLB, rot) zu Nasenlochlänge (NLL, grün). ....	33
Abbildung 12:	Messstrecke der Hirnkapsellänge nach BREHM (HKb) und der Gesichtsschädellänge (GSL). ....	34
Abbildung 13:	Messstrecke der Hirnkapsellänge nach BREHM (HKb) und der Hirnkapselbreite (HKB). ....	35
Abbildung 14:	Messstrecken von Schädelbreite (SB) und Schädellänge (SL). ....	36
Abbildung 15:	Messstrecke für die Nasenhöhlenlänge (NHL). ....	37
Abbildung 16:	Messstrecke für NHL und harter Gaumen (hG). ....	38
Abbildung 17:	Messstrecke für NHL und Schädellänge 1 (S1). ....	39
Abbildung 18:	Messstrecke für NHL und die Schädellänge 2 (S2). ....	40
Abbildung 19:	Messstrecken für die NHL und die Hirnkapsellänge (HKL). ....	41
Abbildung 20:	Messstrecken zur Bestimmung des kraniofazialen Winkels. ....	42

---

Abbildung 21:	Endergebnis des Belastungstest der Möpfe beurteilt nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. ....	45
Abbildung 22:	Endergebnis des Belastungstest der Möpfe beurteilt nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. inklusive der Ruhewerte. ....	46
Abbildung 23:	Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich. ....	49
Abbildung 24:	Herzfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich. ....	51
Abbildung 25:	Temperaturen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich. ....	52
Abbildung 26:	S-Index zur Klassifizierung des Schädels von Mops und Retromops.....	54
Abbildung 27:	Schädelindex (SIE) und Längen-Breiten-Index (LBI) zur Klassifizierung des Schädels von Mops und Retromops.....	55
Abbildung 28:	Indices zur Proportionsberechnung des Schädels von Mops und Retromops. ....	56
Abbildung 29:	Kraniofazialer Winkel von Mops und Retromops. ....	57
Abbildung 30:	Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Gruppe „bestanden“ (B) im Vergleich mit Gruppe „nicht bestanden“ (nB), beurteilt nach Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. ....	58
Abbildung 31:	Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Gruppe „bestanden“ (B) im Vergleich mit Gruppe „nicht bestanden“ (nB), beurteilt nach den Ruhewerten. ....	59

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Auszug aus dem Rassestandard, FCI - Standard Nr. 253, 13. 07. 2011 / DE. ....	7f
Tabelle 2: Anzahl und Herkunft der Möpse, Retromöpfe und Beagles. ....	25
Tabelle 3: Zeiten für die Kontrolle von Herz- und Atemfrequenz, Temperatur sowie der Blutentnahme. ....	27
Tabelle 4: Übersicht über den Ablauf der Studie .....	27
Tabelle 5: Parameter des Blutbildes. ....	31
Tabelle 6: Parameter des Organprofiles. ....	31f
Tabelle 7: Möpse aus VDH-Zucht im Vergleich mit Möpsen aus Nicht-VDH-Zucht bezüglich der Ergebnisse des Belastungstests nach Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. ....	45
Tabelle 8: Übersicht über die Häufigkeit der Atemgeräusche von Mops, Retromops und Beagle. ....	48
Tabelle 9: Übersicht über die Atemfrequenzen von Mops, Retromops und Beagle. ....	49
Tabelle 10: Übersicht über die Herzfrequenzen von Mops, Retromops und Beagle. ....	50
Tabelle 11: Übersicht über die Körpertemperatur von Mops, Retromops und Beagle. ....	52
Tabelle 12: Übersicht über den Nasenlochindex von Mops, Retromops und Beagle. ....	53
Tabelle 13: Vergleich Mops Retromops bezüglich der Indices zur Klassifizierung der Schädelform. ....	54
Tabelle 14: Vergleich Mops zu Retromops bezüglich der Proportionsberechnungen des Schädels. ....	56
Tabelle 15: Vergleich Mops zu Retromops bezüglich des kraniofazialen Winkels. ....	57

## 1. EINLEITUNG

Kurznasige Hunderassen sind wieder in Mode. Der Verband für das Deutsche Hundewesen (VDH) zählte 2010 viermal so viele Mopswelpen wie noch vor zehn Jahren. Das brachyzephe Erscheinungsbild der Möpse ist geprägt von einer sehr kurzen bis fast nicht mehr erkennbaren Schnauze. Diese welpenhafte Gesichtsform stellt ein Kriterium des Kindchenschemas dar, welches der Mops Zeit seines Lebens beibehält. Die Schwere der Symptome im Zusammenhang mit dem brachyzephalen Atemnotsyndrom scheint in den letzten Jahren dabei deutlich zugenommen zu haben. Die betroffenen Tiere haben in immer jüngerem Alter schwerwiegende gesundheitliche Probleme (OECHTERING, 2010).

Die übertriebene Zucht auf Brachyzephalie betrifft den gesamten oberen Atemtrakt. Die Tiere haben durch Stenosen im Bereich des Naseneinganges, des Nasenausganges und des Nasenrachens, sowie durch Obstruktion der Nasengänge und der Nasenhöhle massive Atemprobleme. Viele Möpse sind zudem extrem wärmeintolerant, da sie durch die kurze Nase in ihrer Thermoregulation eingeschränkt sind. Mit dem Wunsch, gesündere Tiere zu züchten, führte der Deutsche Mopsclub e. V. 2009 einen Belastungstest ein. Die Zuchttauglichkeit wird nur dann erteilt, wenn der Mops, neben einer Formwertbeurteilung und einem Verhaltenstests, den Belastungstest bestanden hat.

Ziel dieser Studie ist zu untersuchen, ob ein Belastungstest geeignet ist, Möpse zu erkennen, die mit dem brachyzephalen Atemnotsyndrom assoziierte Probleme haben. Zu diesem Zweck werden Möpse einem standardisierten Belastungstest unterzogen. Mit Hilfe von Röntgenaufnahmen sollen Schädelgrößen berechnet werden, die die Stärke des Brachycephaliegrades widerspiegeln können. Durch eine Bestimmung des vaskulären endothelialen Wachstumsfaktors (VEGF) soll eventuelle Hypoxie des Körpers nachgewiesen werden. Zusätzlich wird der Nasenlochindex bestimmt, der eine Aussage über die Größe der Nasenlöcher geben soll. Ebenso wird geprüft, ob Temperatur, Atem- und Herzfrequenz vor der Belastung im physiologischen Normbereich liegen. Diese Methoden werden auf ihre Aussagekraft bezüglich des Ergebnisses des Belastungstests hin geprüft.

Es wird erwartet, dass Möpse, die den Belastungstest nicht bestehen, einen

deutlich stärkeren Brachycephaliegrad aufweisen, engere Nasenlöcher haben und sich ein Anstieg des VEGFs nachweisen lässt. Auch werden von Möpsen, die nicht bestehen, deutlich erhöhte Ruhefrequenzen von Herz und Atmung sowie eine gesteigerte Körpertemperatur erwartet.

Ein weiteres Ziel dieser Studie ist die Untersuchung von Retromöpse, Möpfe mit Fremdrasseanteil, und normalen Möpsen hinsichtlich möglicher Unterschiede in der brachyzephalen Problematik. Zu diesem Zweck wird der gleiche Untersuchungsvorgang mit Retromöpsen durchlaufen.

Erwartet wird eine weniger brachyzephale Einstufung anhand der Röntgenauswertung. Dementsprechend ein besseres Abschneiden bei dem Belastungstest, niedrigere Herz- und Atemfrequenzen, sowie Körpertemperatur in Ruhe und keine nachweisbare Hypoxie.

Ebenfalls werden Beagles einer adäquaten Belastung und den oben genannten Untersuchungsmethoden (exklusiv Röntgenuntersuchung) unterzogen, um Vergleichswerte von einer mesozephalen Rasse zu erhalten.

## 2. LITERATURÜBERSICHT

### 2.1. Für die Studie verwendete Hunderassen

#### 2.1.1. Der Mops

Es gibt keine wissenschaftlich belegten Quellen, die über die Geschichte des Mopses informieren. Aufgrund der zunehmenden Beliebtheit des Mopses steigt die Zahl von Hundezüchtern und Mopsliebhabern verfasster Bücher. In diesen ist die Herkunftsgeschichte des Mopses nachzulesen. Um das 9. Jahrhundert herum wurden in China unter dem Namen „Lo-sze“ Hunde gezüchtet, die als Mops definiert werden können (VELDHUIS, 1997). Zu welchem Zweck die Chinesen die Hunde gezüchtet haben, kann nur gemutmaßt werden. Man vermutet, dass sie zusammen mit den Familien der Mandarinen am Hofe des Kaisers lebten. Wie der Mops schließlich nach Europa kam ist ungewiss. Nachweise seiner Existenz in Europa sind seit dem 15. Jahrhundert in der Kunst zu finden (WESSLING, 2011).

1981 wurde der Deutsche Mopsclub e. V. (DMC) als Spezial-Rassehundeverein innerhalb des Verbandes für das Deutsche Hundewesen e. V. (VDH) gegründet. Seit diesem Zeitpunkt führt und überwacht der DMC die offizielle Zucht des deutschen Mopses, insbesondere die Einhaltung des Rassestandards laut des Fédération cynologie internationale (FCI). Ein Überblick über den Rassestandards ist Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1:** Auszug aus dem Rassestandard, FCI - Standard Nr. 253, 13.07.2011/DE.

KLASSIFIKATION FCI	Gruppe 9 Gesellschafts- und Begleithunde Sektion 1.1 Kleine doggenartige Hunde. Ohne Arbeitsprüfung.
ALLGEMEINES ERSCHEINUNGSBILD	Ausgesprochen quadratisch und gedungen, er ist « Multum in Parvo » (=viel Masse in kleinem Raum), was sich durch kompakte, straff-gedrungene Proportionen und Festigkeit der Muskulatur ausdrückt, darf aber niemals weder tiefgestellt noch schmal und hochbeinig sein.
WICHTIGE PROPORTIONEN	Ausgesprochen quadratisch und kompakt.
GESICHTSSCHÄDEL	Nasenschwamm: Schwarz mit ziemlich großen weit geöffneten Nasenlöchern. Zusammengedrückte Nase und starke Faltenbildung auf dem Nasenrücken sind unakzeptabel und sollten schwer bestraft werden. Fang: Ziemlich kurz, stumpf, quadratisch, nicht aufgebogen. Augen oder Nase sollen niemals nachteilig beeinträchtigt oder von Falten auf dem Nasenrücken verdeckt sein.

	<p>Kiefer/Zähne : Geringfügiger Vorbiss. Breiter Unterkiefer mit einer Schneidezahn-Reihe, bei der die Schneidezähne fast in einer geraden Reihe stehen. Kreuzbiss, sichtbare Zähne oder Zunge höchst unerwünscht und sollten streng bestraft werden.</p> <p>Augen: Dunkel, relativ groß und von runder Form, mit sanftem und bekümmertem Ausdruck, sehr glänzend und bei Erregung voller Feuer. Niemals hervorstehend, übertrieben oder weiß zeigend wenn sie direkt nach vorne schauen. Frei von jeglichen Augenproblemen.</p> <p>Ohren: Dünn, klein, weich wie schwarzer Samt. Zwei Ohrhaltungen sind erlaubt: Rosenohr - kleines, fallendes Ohr, das seitlich und nach hinten gefaltet ist und die Ohrmuschel sichtbar werden lässt, Knopfohr - Ohr, bei dem das Leder nach vorne fällt, die Ohrspitze liegt eng am Schädel an, so dass das Ohrinnere nicht sichtbar wird. Das Knopfohr wird bevorzugt.</p>
GRÖSSE UND GEWICHT	Ideales Gewicht: 6,3 bis 8,1 kg. Es sollte eine harte Muskulatur sein aber Substanz sollte nicht mit Übergewicht verwechselt werden

Der Deutsche Mopsclub e.V. gibt als Größenangabe eine Schulterhöhe bis 32 cm an.

In den Welpenstatistiken des VDH ist über die letzten zehn Jahre ein deutlicher Zuwachs an Mopswelpen zu erkennen. Waren es 1999 noch 186 Welpen, stieg die Zahl 2009 auf 663 Welpen an. Die ist eine Steigung um das dreieinhalbfache ([www.vdh.de](http://www.vdh.de), 2011).

### 2.1.2. Der Retromops

Aus dem Wunsch heraus den Mops wieder nach seinem Erscheinungsbild des 19. Jahrhunderts zu züchten und ihn so von rassetypischen Problemen zu befreien, entwickelte sich die Hunderasse Rassmo<sup>®</sup>. Sie ist das Ergebnis aus der Verpaarung zwischen Parson Russel Terrier und Mops. Seit 2007 ist die Rasse rechtlich geschützt, die Zucht obliegt dem Internationalen Rassmo Club/ATH e.V.. Der Rassmo<sup>®</sup> darf keinen Mopsanteil weit über 75 %, aber auch nicht weniger als 25 % haben. Der Rassmo<sup>®</sup> ist keine vom FCI anerkannte Hunderasse (ALLIANZ DER TEMPELHUNDE E.V., 2006).

Im Jahr 2006 bildete sich ein Züchterkreis (ZKR) ebenfalls mit dem Wunsch den Mops von rassetypischen Problemen zu befreien. Der ZKR setzt sich zum Ziel, den ursprünglichen Mopstyp mit Hilfe von Fremdanteilen zu züchten. Ergebnis dieses Zuchtziels sind die Retromöpfe (Abb. 1-4). Der ZKR strebt keine Entwicklung einer neuen Rasse an, sondern die Zucht eines gesunden Mopses. Auch hier wurde zunächst der Parson Russell Terrier eingekreuzt und in den folgenden Generationen zu Gunsten des Mopsanteils wieder

ausgekreuzt. Um die Basis der Zucht zu erweitern, wurden folgende Zuchtformen anerkannt:

- Der Altdeutsche Mops
- Der Retromops mit bis zu 25 % Terrier und seine Ausgangsform Rassmo<sup>®</sup>.
- Der Retromops mit bis zu 25 % Pinscher und seiner Ausgangsform Muggin (F1-Generation aus der Verpaarung Mops und Pinscher).
- Alle Möpse, die im Phänotyp keine quälenden Zuchtmerkmale aufweisen.

([www.retro-mops.de/Zuechterkreis](http://www.retro-mops.de/Zuechterkreis), 2006).



**Abbildung 1:** Totalaufnahme eines Retromopses beiger Farbe (Fotografie von Verena Martin).



**Abbildung 2:** Seitenaufnahme vom Kopf eines Retromopses beiger Farbe (Fotografie von Verena Martin).



**Abbildung 3:** Frontalaufnahme eines Retromopses schwarzer Farbe (Fotografie von Verena Martin).



**Abbildung 4:** Seitenaufnahme vom Kopf eines Retromopses schwarzer Farbe (Fotografie von Verena Martin).

### 2.1.3. Der Beagle

Der Beagle ist ein kleiner Laufhund und wird nach FCI der Gruppe 6 der Laufhunde, Schweisshunde und verwandte Rassen zugeordnet. Die gewünschte Widerristhöhe liegt zwischen 33 cm und 40 cm bei einem Gewicht zwischen 10 und 18 kg. Insgesamt soll der Kopf von mäßiger Länge und ohne Runzeln oder Falten sein. Der Stopp sollte in der Mitte von der Distanz des Hinterhauptbeins zum Nasenschwamm liegen. Der Nasenschwamm soll unter anderem gut geöffnete Nasenlöcher besitzen (FÉDÉRATION CYNOLOGIE INTERNATIONALE, 2010).

## 2.2. Zuchttauglichkeitsprüfung

Um in der Zucht eingesetzt werden zu können, muss der Mops laut § 5 der Zuchtordnung eine Zuchtzulassungsprüfung bestehen. Diese beinhaltet eine Formwertbeurteilung, einen Verhaltenstest und seit 2009 einen Belastungstest. Die Formwertbeurteilung und der Verhaltenstest werden von einem Zuchtrichter vorgenommen, der Belastungstest durch einen neutralen Tierarzt (DEUTSCHER MOPSClub E. V., 2011). Ebenso muss der Nachweis

erbracht werden, dass der Mops frei von Patella-Luxation ist. Der Befund darf Grad „0“ oder Grad „1“ nicht überschreiten (VERBAND DEUTSCHER KLEINHUNDEZÜCHTER E.V., 2011). Die Vorlage von einer Ausstellungsbewertung von mindestens sehr gut und eine DNA-Typisierung des Tieres sind ebenfalls zu erbringen. Sind die Prüfungen bestanden und liegen alle angeforderten Befunde vor, wird der Mops für zuchttauglich erklärt (DEUTSCHER MOPSClub E. V., 2011). Haben Möpfe vor 2009 ihre Zuchttauglichkeit erhalten, dass heißt ohne durchgeführten Belastungstest, bleibt diese bestehen (VERBAND DEUTSCHER KLEINHUNDEZÜCHTER E.V., 2011).

### **2.2.1. Durchführungsbestimmung Belastungstest**

Den Belastungstest führt ein neutraler Tierarzt auf Veranstaltungen des Verbandes Deutscher Kleinhundezüchter e. V. oder des Internationalen Klubs Französischer Bulldoggen e. V. durch. Geprüft werden können grundsätzlich nur durch einen Mikrochip gekennzeichnete Hunde ab einem Alter von zwölf Monaten.

Die Belastung besteht darin, den Mops eine vorgegebene Wegstrecke von einem Kilometer in maximal elf Minuten laufen zu lassen. Die Wegstrecke sind die Hunde angeleint in einer beliebigen Gangart zu führen. Kurz vor sowie direkt nach dem Belastungstest wird der Mops mit Schwerpunkt auf Herzfrequenz und Atemgeräusch untersucht. Der Test gilt als bestanden, wenn sich nach spätestens 15 Minuten Herz- und Atemfrequenz wieder normalisiert haben. Der Tierarzt entscheidet alleinverantwortlich, anhand der von ihm erhobenen Daten laut Untersuchungsbogen, ob der Belastungstest bestanden wurde oder nicht.

Wurde der Belastungstest nicht bestanden, so ist ein Zweitversuch innerhalb von sechs Monaten durchführbar. Wird dieser ebenfalls nicht bestanden, gilt der Hund als zuchtuntauglich. Dem Besitzer ist es aber möglich Einspruch einzulegen (DEUTSCHER MOPSClub E. V., 2011).

### **2.3. Kreislaufdaten in Ruhe**

Die Atemfrequenz in Ruhe ist von dem Körpergewicht des Tieres abhängig. Eine Maus hat eine Ruhefrequenz von etwa 100/Minute, ein Pferd von etwa 12/Minute (ENGELHARDT und BREVES, 2005). Hunde machen zwischen 10 und 30 Atemzügen pro Minute. Die Herzfrequenz in Ruhe, ausgehend von adulten Tieren, beträgt für große Hunderassen zwischen 70 und 100 bpm (beats per minute), für mittelgroße Hunderassen zwischen 80 und

130 bpm und für kleine Hunderassen zwischen 90 und 160 bpm. Für Hunde liegen die Werte für die Körpertemperatur in Ruhe bei 38,6°C bis 39,4°C für kleine Hunde und bei 37,5°C bis 39,2°C für große Hunde (SUTER und KOHN, 2006).

#### **2.4. Reaktionen des Körpers auf Belastung**

Um Leistung zu vollbringen braucht der Körper Energie. Die Energie wird durch die Hydrolyse von ATP (Adenosintriphosphat) gewonnen. ATP muss zu diesem Zweck stetig nachproduziert werden. Nur geringe Mengen ATP sind in Muskelzellen gespeichert. Zu Beginn geschieht die Produktion von ATP auf anaeroben Weg, auf welchem es zur Lactat und H<sup>+</sup>-Ionen Bildung kommt. Besteht weiterhin Energiebedarf kann auf aeroben Weg aus Glykogen- und Fettvorräten ATP gewonnen werden. Der Organismus kommt anfänglich in eine Sauerstoffschuld. Dieses Defizit muss durch vermehrte Arbeit des sauerstofftransportierenden Systems (Atemorgan, Herz-Kreislauf-System und Blut) wieder ausgeglichen werden. Es kommt zu einer gesteigerten Herz- und Atemfrequenz. Während leichter Belastung kann die ausreichende Menge Sauerstoff zur ATP-Gewinnung geliefert und nach Ende der Belastung nachgeatmet werden. Bei starker Belastung kann der Bedarf an Sauerstoff nicht mehr zeitgleich gedeckt werden. Es bedarf nach Ende der Arbeit einer längeren Nachatmungsphase, um das Defizit auszugleichen. Außerdem wird während starker Belastung weiterhin ATP durch anaeroben Stoffwechsel produziert. Das hat auch eine gesteigerte Laktatproduktion zur Folge, welche die Atemarbeit weiter antreibt (KLINKE und SILBERNAGL, 2003).

Greyhounds können bei starker Belastung ihren Sauerstoffverbrauch um das 20fache ihres Ruhewertes steigern. Ein ca. 20 kg schwerer Hund kann seine Herzfrequenz bei extremer Belastung um das 2,5fache gegenüber dem Wert in Ruhe steigern (ENGELHERDT und BREVES, 2005). Zu einer Erhöhung der Herzfrequenz kann es, neben der belastungsinduzierten Erhöhung, durch Aufregung des Tieres und Herzkrankheiten kommen (SUTER und KOHN, 2006).

Durch gesteigerte Muskelarbeit kommt es zu intramuskulärer Temperaturerhöhung. Dies hat auch eine erhöhte Körpertemperatur zur Folge. Bei Pferden konnte nach kurzfristiger Belastung rektal eine Temperatur bis zu 41°C gemessen werden. Für den Organismus bedeutet das, dass eine vermehrte Wärmeabgabe stattfinden muss. Das geschieht bei Hunden über eine Steigerung der Atemfrequenz (Hecheln) (KLINKE und SILBERNAGL, 2003).

Nach Ende der Belastung müssen Zwischen- und Endprodukte des Stoffwechsels (vor allem Lactat, H<sup>+</sup>-Ionen und CO<sub>2</sub>) aus den Muskeln abtransportiert werden. Ein entstandenes Defizit an Sauerstoff muss nachgeatmet werden. Je nach Art der Belastung sinken Atem- und Herzfrequenzen, sowie die Körpertemperatur mit der Zeit wieder in die Normbereiche ab. Nach minutenlanger Belastung (Kurzbelastung) dauert dieser Erholungsprozess zwischen drei und fünf Minuten. Findet Ausdauerbelastung über einen längeren Zeitraum statt, kann sich die Erholungsphase über 20 bis 30 Minuten erstrecken (KLINKE und SILBERNAGL, 2003).

## **2.5. Anatomie und Funktion des Atmungsapparats**

Der Atmungsapparat lässt sich in obere und untere luftleitende Atemwege einteilen. Die oberen Atemwege stellen die im Kopfbereich platzierte Nase mit ihrer Nasenhöhle und Nasennebenhöhle, sowie der Nasenrachen dar. Kehlkopf, Luftröhre und Lunge bilden die unteren Atemwege. In der Lunge gehen die luftleitenden Atemwege in das luftaustauschende System über (KÖNIG und LIEBICH, 2002).

### **2.5.1. Anatomie der oberen Atemwege**

Die knöcherne Begrenzung der Nase bilden ventral die Gaumenfortsätze des Os incisivum, der Maxilla und des Os palatinum, lateral die Maxilla und dorsal das Os nasale. Den kaudalen Abschluss der Nasenhöhle bildet die Lamina cribrosa des Os ethmoidale. Der rostrale Teil der Nase wird durch Knorpel gebildet. So stützt dieser die vorderen Bereiche der Nase und bestimmt die Form der Nasenöffnung. Der auf der Nasenspitze befindliche Nasenspiegel umfasst die paarigen Nasenlöcher. Mittig ist der Nasenspiegel durch die Lippenrinne geteilt. Der Nasenöffnung folgen der Nasenvorhof und die Nasenhöhlen, welche durch eine Nasenscheidewand in zwei Hälften geteilt sind. In die Nasenhöhlen ziehen die Nasenmuscheln ein. Sie vergrößern die Fläche von respiratorischer Schleimhaut in der Nase. Die Nasenmuscheln sind zum Teil Bildungen aus den Siebbeinmuscheln (Ethmoturbinalia). Ziehen diese weiter in das Innere der Nasenhöhle, werden sie als Endoturbinalia bezeichnet. Aus der nach rostral ziehenden Endoturbinalie I bildet sich die rostrale Nasenmuschel. Aus der Endoturbinalie II bildet sich die, besonders bei Hund und Katze gut entwickelte, mittlere Nasenmuschel. Die ventrale Nasenmuschel ist ein Gebilde der Maxilla. Zwischen der dorsalen Nasenmuschel und dem Nasendach befindet sich der dorsale Nasengang, auch Riechgang genannt. Der mittlere Nasengang befindet sich zwischen beiden Nasenmuscheln und wird wegen seiner Verbindung zu den Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales) auch

Sinusgang genannt. Bei Hunden ausgebildete Nasennebenhöhlen sind Sinus frontalis, Sinus palatinus und Sinus sphenoidalis. Statt eines Sinus maxillaris ist ein Recessus mit einer großen Öffnung zur Nase hin vorhanden. Der Atemgang ist der ventrale Nasengang und liegt zwischen dem Nasenboden und der unteren Nasenmuschel. Die Nasengänge sind durch einen gemeinsamen Nasengang nahe der Nasenscheidewand miteinander verbunden. Der Luftstrom gelangt durch das innere Nasenloch im kaudoverentralen Bereich in den Pharynx (KÖNIG und LIEBICH, 2002).

### **2.5.2. Anatomie der unteren Atemwege**

Der Kehlkopf ist ein Hohlorgan, durch welches Pharynx und Trachea miteinander verbunden sind. Er besteht aus dem Kehldeckel mit dem Kehldeckelknorpel, Schildknorpel, Stellknorpel und dem Ringknorpel. Die Knorpel sind durch Bänder und Muskeln miteinander verbunden. Die Kehlkopfhöhle ist mit mehrschichtigem Plattenepithel ausgekleidet, welches im kaudalen Teil in eine respiratorische Schleimhaut übergeht. Um das Eindringen von Flüssigkeiten und festen Bestandteilen in die Luftröhre zu verhindern, bedeckt der Kehldeckel während des Schluckaktes den Eingang des Kehlkopfes.

Kaudal des Kehlkopfes schließt sich die Trachea an. Sie besteht bei Hunden aus 42 bis 46 nach dorsal offenen Knorpelspangen. Verbunden sind sie durch Bänder und dorsal durch den Musculus trachealis. Ausgekleidet ist die Trachea mit respiratorischer Schleimhaut. Nach Eintritt in die Brusthöhle durch die Apertura thoracis cranialis teilt sie sich auf Höhe des fünften Interkostalraums in die Hauptbronchien der Lunge.

Die Hauptbronchien ziehen in das Gewebe der linken und rechten Lunge ein und bilden weitere Aufzweigungen. Innerhalb der Aufzweigungen endet der luftleitende Atemweg. Ab der Aufteilung in die Bronchioli respiratorii, weiter in den Ductus alveolare und Sacculi alveolares bis schließlich in die Alveoli pulmonalis, spricht man von dem respiratorischen oder luftaustauschendem System (KÖNIG und LIEBICH, 2002).

### **2.5.3. Funktion der Nase und Nasenhöhlen**

Die Nase stellt den Eingang für die Luft in die luftleitenden Atemwege dar. Durch das sympathische und parasympathische Nervensystem wird der Luftstrom durch die Nase reguliert. Die einströmende Luft wird gereinigt. Dies geschieht durch das auf den Schleimhautschichten befindliche Flimmerepithel. Fremdpartikel werden in der

Schleimschicht gebunden und durch Zilienschlag des Flimmerepithels Richtung Ösophagus transportiert. Dort können sie dann abgeschluckt werden (VENKER- VAN HAAGEN, 2005).

Eine Funktion der Nase ist die Klimatisierung der Atemluft (VENKER- VAN HAAGEN, 2005). Dies geschieht durch einen Gefäßplexus der von respiratorischer Schleimhaut überdeckt wird (KÖNIG et al., 2002). Durch diesen Gefäßplexus wird die Atemluft entweder abgekühlt oder angewärmt. Durch Verdunstung von Flüssigkeit aus der Schleimhautschicht wird die Atemluft angefeuchtet (VENKER- VAN HAAGEN, 2005). Ebenso kann eine Wärmeabgabe über die Atmung stattfinden. Es kommt zu einer erhöhten Speichelsekretion mit einem erhöhten Atemminutenvolumen, so dass über die Verdunstung eine Abkühlung erfolgt (ENGELHERDT und BREVES, 2005). Das Hecheln ist ein wichtiger Mechanismus eine Überhitzung wieder abzubauen. Bei Hunden die, bedingt durch Überhitzung, hecheln geht die meiste eingeatmete Luft durch die Nase hinein und gelangt über das Maul wieder hinaus. So gelangt der aus einer Richtung kommende Luftstrom über die Verdunstungsoberfläche der Nase (SCHMIDT-NIELSEN et al., 1970). Bei dem Hecheln kommt es zu einer vermehrten Ventilation des Totraums und somit zu keinem gesteigerten Gasaustausch (ENGELHERDT und BREVES, 2005).

Einer der wichtigsten Sinne des Hundes ist das Riechen (VENKER- VAN HAAGEN, 2005). Durch den Riechgang (dorsaler Nasengang) gelangt man zum kaudalen Nasengrund, welcher mit dem Riechepithel ausgekleidet ist (KÖNIG und LIEBICH, 2002). In dem Epithel befindliche Riechsinneszellen vereinigen sich zum N. olfactorius. Dieser gelangt durch die Siebbeinplatte zum Riechkolben. Die olfaktorischen Informationen werden in verschiedenen Hirnzentren verarbeitet (VENKER- VAN HAAGEN, 2005).

## **2.6. Hundeschädel**

### **2.6.1. Schädelformen**

Die Vielfältigkeit der Hundeschädel hängt von den Variationen zwischen kurzen und länglichen Schädeln und von der Aufteilung des Gesichtsschädels im Verhältnis zum Hirnschädel ab (DRAKE und KLINGENBERG, 2009).

Hunde mit einem langen, schmalen Schädel und hervortretender Nase, einer prominenten Crista sagittalis externa und einem engen Jochbeinbogen werden als dolicozephale Hunde charakterisiert. Im Gegensatz dazu werden Hunde mit einem runden Kopf ohne Sagittalkamm, einem längeren Hirn- als Gesichtsschädel als brachyzephale Hunde bezeichnet.

Hunde, deren Merkmale zwischen beiden Extremen liegen, werden als mesozephal bezeichnet (ELLENBERGER und BAUM, 1977).

### **2.6.2. Schädelmessungen zur Klassifizierung von Schädelformen**

Mittels Messungen an Schädelpräparaten verschiedener Hunderassen gelang es BREHM et al. (1985) und EVANS et al. (1993) die Rassen in dolicho-, meso- und brachycephal einzuteilen.

#### **2.6.2.1. Index nach Evans**

EVANS (1993) maß die Schädelbreite als Abstand zwischen beiden Jochbögen und die Schädellänge, ausgehend von dem kaudalen Rand des Os occipitale bis zum Prosthion (Alveolarrand des Os incisivum) (Abb. 14). Daraus wurde der Schädelindex gebildet. Zu dolichocephalen Rassen zählten Hunde mit einem Index von 0,39 bis 0,51, zum Beispiel der Irische Wolfshund. Mit einem Index von 0,52 bis 0,80 wurden die Hunde, wie zum Beispiel der Deutsche Schäferhund, zur mesozephalen Rassen gerechnet. Die brachycephalen Rassen hatten einen Index von 0,81 und höher, wie zum Beispiel der Pekinese.

#### **2.6.2.2. Indices nach Brehm**

BREHM (1985) maß die Längen des Gesichtsschädels von der Grenze zwischen Os frontale und Os nasale bis zum Prosthion, der Hirnkapsel vom weitesten rostral gelegenen Punkt der Crista occipitalis externa bis zur Grenze von Os frontale und Os nasale und die Breite der Hirnkapsel von den weitest lateral gelegenen Punkten des Hirnschädels (meist die Grenze zwischen Os parietale und Os temporale). Das Verhältnis von Hirnkapsellänge zu Gesichtsschädellänge ergab den Längen-Längen-Index (LLI). Der Längen-Breiten-Index (LBI) bildete sich aus dem Verhältnis Hirnkapsellänge zu Hirnkapselbreite (Abb. 13). Als dolichocephal gelten demnach Hunde mit einem LLI von 0,80 bis 0,98 und einem LBI von größer 1,5. Die mesozephalen Rassen haben einen LLI von 1,0 bis 1,13 und einen LBI von 1,38 bis 1,48. Mit einem LLI von 1,60 bis 3,44 und einem LBI von annähernd 1 werden die Hund zur brachycephalen Rasse zugeordnet.

#### **2.6.2.3. Modifizierung des Längen-Längen-Index**

Um den Längen-Längen-Index auch anhand von Röntgenaufnahmen, also am lebenden Tier, bestimmen zu können, musste ein Messpunkt anders definiert werden. Bei der

Längenmessung des Gesichtsschädels wurde von der Begrenzung des Cavum cranii bis zum Alveolarrand des Os incisivum gemessen (Abb. 12). Die Grenzen von Os frontale und Os nasale sind radiologisch meist nicht gut erkennbar. Der so ermittelte S-Index lag im Durchschnitt unterhalb des LLI nach BREHM (1985). Die Aussage über die Klassifikation des Schädels bleibt aber identisch. Laut S-Index gelten Hunde mit einem Wert von  $\geq 0,8$  als brachyzephal (BALI, 2004).

#### **2.6.2.4. Kraniofazialer Winkel**

Eine andere Methode zur Einteilung der verschiedenen Kopfformen ist die Bestimmung des kraniofazialen Winkels, der Winkel zwischen Schädelbasis und Gesichtsschädel. Die Schädelbasislinie hat ihren Ausgangspunkt an der Basis des Occiputs durch den Sulcus chiasmatis verlaufend, die Gesichtsschädellinie bildet die kaudale Verlängerung des harten Gaumens (Abb. 20). Hunde mit einem Winkel zwischen  $25^\circ$  und  $26^\circ$  gelten als dolichocephal, zwischen  $19^\circ$  und  $21^\circ$  als mesozephal und zwischen  $9^\circ$  und  $14^\circ$  als brachyzephal. Die Winkelgrößen wurden anhand von fünf Rassen ermittelt. Die brachyzephele Gruppe wurde durch den Boxer ( $13^\circ$ - $14^\circ$ ) und den Pekinesen ( $9^\circ$ - $10^\circ$ ) repräsentiert (REGODON et al., 1993). In einer anderen Studie gab es eine heterogenere brachyzephele Referenzgruppe. Der Boxer lag mit einem kraniofazialen Winkel von  $13^\circ$  bis  $22^\circ$  an der oberen Grenze dieser Gruppe, der Mops hatte mit  $4^\circ$  bis  $13^\circ$  die niedrigsten Werte (SCHMIDT et al., 2011). Bei vielen Schädelformen hat sich der kraniofaziale Winkel im Vergleich zu den Schädelindices als nicht geeignet erwiesen (BALI, 2004).

#### **2.6.3. Proportionsberechnungen**

Um die Länge der Nasenhöhle in Relation zum Schädel verschiedener brachyzephaler Rassen darzustellen, wurden Proportionsberechnungen durchgeführt. Möpfe, Französische Bulldoggen und Englische Bulldoggen wurden einer Computertomographie unterzogen. Alle Tiere waren von dem BAS (brachyzephaleres Atemnotsyndrom) betroffen. Zum Vergleich wurde auch ein Deutscher Schäferhund erfasst. Anhand der Schnittbilder sind die Schädel vermessen worden. Insgesamt sind fünf Messstrecken festgelegt worden:

- die Längen der Nasenhöhle vom Prosthion bis zur kaudalen Grenze der Keilbeinhöhle,
- die Länge des harten Gaumens vom Prosthion bis zum kaudalen Ende des harten Gaumens,

- die Länge des Schädels (Schädellänge 1)  
vom Prosthion bis zum weitest ventral gelegenen Punkt des Foramen magnum
- die Länge des Schädels (Schädel 2)  
vom Prosthion bis zur Protuberantia occipitalis externa und
- die Länge der Hirnkapsel  
von der Verbindungsnaht zwischen Os frontale und Os ethmoidale bis zum dorsalen Rand des Foramen magnum.

Die ermittelten Längen wurden alle in ein Verhältnis zur Nasenhöhle gesetzt und so vier Indices ermittelt. Für Möpse ergab sich im Mittel ein Wert von 1,18 für harter Gaumen/Nasenhöhle, 2,05 für Schädel 1/Nasenhöhle, 2,42 für Schädel 2/Nasenhöhle und 1,61 für Hirnkapsel/Nasenhöhle. Die Schädelverhältnisse der Möpse wichen am deutlichsten von denen des Schäferhundes ab (Schäferhund: harter Gaumen/Nasenhöhle 0,86; Schädel 1/Nasenhöhle 1,51; Schädel 2/Nasenhöhle 1,70; Hirnkapsel/Nasenhöhle 0,68). In der Studie konnte anhand der Messungen kein Rückschluss auf die Schwere der Atemprobleme gezogen werden. Da nur Schädel erkrankte Tiere vermessen wurden, wird aber davon ausgegangen, dass die Atemprobleme Folge des stark verkürzten Gesichtsschädels waren (OECHTERING et al., 2007).

## **2.7. Brachyzephalie**

### **2.7.1. Problematik der brachyzephalen Kopfform**

Die Selektion auf spezielle Merkmale des Kopfes hat gezeigt, dass sich anhaltende und substantielle Veränderungen in der Schädelform (Abb. 5 und 6) ergeben (DRAKE und KLINGENBERG, 2008).



**Abbildung 5:** Fotoaufnahme eines Mopses von frontal (Fotografie von Verena Martin).

**Abbildung 6:** Fotoaufnahme eines Mopses von lateral (Fotografie von Verena Martin).

Nach der Geburt ist der Gesichtsschädel im Vergleich zum Hirnschädel noch klein. Postnatal beginnt ein ausgeprägtes Wachstum des Gesichtsschädels. Bei ausgewachsenen Hunden steht der Gesichtsschädel deutlich gegenüber dem Hirnschädel hervor. Die Entwicklung des Gesichtsschädels ist notwendig, um ausreichend Platz für die Zähne zu schaffen.

Sowohl der Sinus frontalis, als auch die Conchae nasales zeigen eine deutliche postnatale Entwicklung. Bei brachyzephalen Hunden unterscheiden sich die Form und Größe des Sinus frontalis und der Conchae nasales wesentlich von denen normozephaler Schädel (mesozephal und dolichocephal = normozephal). Französische Bulldoggen haben einen extrem kleinen Sinus frontalis, bei Möpsen fehlt er komplett (NÖLLER et al., 2006). Der Nasenhöhle des brachyzephalen Schädels fehlt der notwendige Platz für das postnatale Wachstum der Conchae nasales. Durch ihr Wachstum verengen sie das Lumen der Nasenhöhle und werden als rostral aberrante Conchen (RAC) und kaudal aberrante Conchen (CAC) bezeichnet. Zudem sind die Conchen hypertroph und hyperplastisch. Ebenso konnten Septumdeviationen, vor allem bei Möpsen, beobachtet werden (OECHTERING et al., 2007).

Ein gesteigerter Grad der Brachyzephalie bringt einige Begleiterscheinungen mit sich. Die Nasenlöcher und der Naseneingang werden enger. Zudem wird das rostrale Ende des Meatus nasi ventralis (Riechgang), die Conchae nasales und das ganze Os ethmoidale in eine verstärkt senkrechte Position gepresst. Der Tränen-Nasen-Kanal hat einen gesteigerten Winkel und eine steilere Richtung (NÖLLER et al., 2006).

### **2.7.2. Brachyzephales Atemnotsyndrom**

Das brachyzephales Atemnotsyndrom (BAS) ist eine Kombination aus Beschwerden des oberen Atemtrakts bei prädisponierten Rassen (OECHTERING et al., 2007).

#### **2.7.2.1. Pathophysiologie**

Durch die stark kompensierte Anatomie des Gesichtsschädels kommt es zu Obstruktionen der oberen Atemwege. Als primäre Engstellen der Atemwege sind Stenosen der Nasenlöcher und ein relativ zu langes Gaumensegel anzusehen (HARVEY, 1982; AARON, 1985; WYKES, 1991; KOCH, 2003; RIECKES, 2007). Um eine adäquate Ventilation zu gewährleisten, findet eine verstärkte Atemarbeit statt. Dies erzeugt einen starken inspiratorischen Unterdruck in den Atemwegen, was zu sekundären Schäden führt. Es kommt zu Ödematisierung des Gewebes im Nasen-Rachengang, evertierte Larynxtaschen und evertierten Tonsillen. Bei fortgeschrittener Problematik kann auch ein Laryngealkollaps oder Trachealkollaps beobachtet werden (AARON, 1985). Diese Schäden führen im Laufe des Hundelebens zu weiteren Obstruktionen der Atemwege und erhöhtem Unterdruck, ein Circulus vitiosus (KOCH et al. 2003).

Neuere Untersuchungen zeigten, dass weitere Obstruktionen für die Atemnot verantwortlich sind. Die Nasenvorhöfe werden durch zu lange Nasenflügel verengt. Die Nasengänge werden durch hypertrophe und hyperplastische Conchen, sowie RAC (rostral aberrante Conchen), der Nasenausgang durch CAC (kaudal aberrante Conchen) verengt. Der weiche Gaumen ist nicht nur zu lang, sondern nimmt auch an Dicke zu. Die Zunge ist relativ zu lang und zu dick (OECHTERING et al., 2010). In einer Studie hatten 35 von 40 brachyzephalen Hunden bronchiale Stenosen und der Mops zeigte sich als am schwersten betroffene Rasse (DE LORENZI, BERTONCELLO und DRIGO, 2009). Es zeigte sich ein meist linksseitiger Bronchialkollaps (OECHTERING et al., 2010).

#### **2.7.2.2. Klinik**

Das BAS zeigt, je nach Grad der stenotischen Veränderung, verschiedene klinische Symptome. Sie beinhalten eine röchelnde Atmung, lautes Schnarchen, Husten, Würgen, Synkopen und Probleme beim Fressen (LORINSON et al, 1997). Das führende klinische Symptom ist der inspiratorische Stridor (KOCH et al., 2009). Weiterhin zeigen die Hunde eine reduzierte Stress- und Belastbarkeitstoleranz und Anzeichen von Atemnot. In schweren Fällen kommt es durch die Hypoxie zu Zyanosen und zum Kollaps. Gleichzeitig haben die

Hunde auch eine starke Wärmeintoleranz. Aufgrund der verengten Strukturen der Nasenhöhlen und somit der Nasenmuscheln ist die Thermoregulation der brachyzephalen Hunde gestört (OECHTERING et al., 2010). In den letzten Jahren nahm die Schwere der Symptome deutlich zu. Zudem erkrankten viele Hunde schon vor ihrem dritten Lebensjahr (OECHTERING et al., 2007).

### **2.7.2.3. Therapie**

Mit Hilfe verschiedener Methoden können Obstruktionen beseitigt werden. Hierbei sollte von rostral, bzw. kranial nach kaudal vorgegangen werden (HARVEY 1982, AARON 1985). Nasenlöcher können mit Hilfe einer Keilexzession erweitert werden. Ein überlanges Gaumensegel kann gekürzt und evertierte Larynxtaschen entfernt werden (AARON 1985, KOCH et al. 2003). Zusätzlich wurde die laserassistierte Turbinektomie (LATE) entwickelt, um Anteile der Conchae nasales zu entfernen (OECHTERING et al., 2007).

### **2.7.3. Diagnose von Stenosen der Atemwege**

Um die Obstruktionen der oberen Atemwege zu beurteilen gibt es verschiedene Methoden:

#### **2.7.3.1. Bildgebende Verfahren**

Bildgebende Verfahren sind zum einen die Computertomographie (CT), zum anderen die Endoskopie. Nach einem festen Protokoll sollten die Verhältnisse der Nasenstruktur von rostral nach kaudal begutachtet werden, beginnend mit der Beurteilung der Nasenlöcher, mit Einbeziehung der Nasenflügel, weiter kaudal die Nasenhöhle, Nasenausgang und schließlich die Untersuchung von Pharynx, Larynx, Trachea und ihrer Aufteilung (OECHTERING et al., 2007) Die Durchführung eines CTs und einer Endoskopie ist nur am narkotisierten Tier möglich. Zephalometrische Beurteilung des anatomischen Zustandes des Schädels können auch anhand von Röntgenaufnahmen getätigt werden (BALI, 2004).

#### **2.7.3.2. Fotoaufnahmen der Nase**

In einer Studie (ROSASPINA, 2005) wurden Hundeköpfe von frontal fotografiert. Um das Verhältnis der Nasenlöcher zum Nasenspiegel zu bestimmen, wurde die Nase anhand der Fotos vermessen. Die Nasenbreite und die Nasenlochbreite wurden jeweils an der breitesten Stelle ausgemessen. Das Verhältnis ergab sich aus der Nasenlochbreite geteilt durch die halbe Strecke des Nasenspiegels. In der vorliegenden Studie wurde dieses Verhältnis zusammen mit

dem S-Index nach BALI (2004), der Gaumensegellänge und den Rhinomanometriewerten als Unterscheidungskriterien zwischen brachyzephal und nicht brachyzephal genutzt.

### **2.7.3.3. Rhinomanometrische Messungen**

Mit der Rhinomanometrie (nasale Druckmesstechnik) lassen sich Strömungswiderstände objektiv und quantitativ erfassen. Somit lassen sich Rückschlüsse auf die Durchgängigkeit der nasalen Atemwege ziehen (EICHLER, 1988). NAD (2004) konnte in einer Studie die Reproduzierbarkeit der Messmethode bei Hunden belegen. Für brachyzephaler Hunde wurden, im Vergleich zu normozephaler Hunden, erhöhte Werte der Strömungswiderstände festgestellt (BALI, 2004).

Ein anderes Verfahren zu Diagnose von Atemwegswiderständen ist die Impuls-Oszillometrie. In einer Studie von HUEBER (2009) wurde erstmals die Methode der Impuls-Oszillometrie am brachyzephaler Hund angewandt. Es zeigte sich, dass diese Untersuchungsmethode geeignet ist intranasalen Atmungswiderstand widerzuspiegeln. Ebenso ist mit dieser Untersuchungsmethode eine Differenzierung des Atmungswiderstandes zwischen den beiden Nasenlöchern möglich.

### **2.7.3.4. Bestimmung des VEGF**

Herrscht eine Sauerstoffunterversorgung im Körper kommt es zur Aktivierung des Hypoxie – induzierbaren Faktors-1 (HIF-1). HIF-1 regelt weitere Mechanismen zur Verbesserung der Sauerstoffversorgung. Unter anderem induziert er die Synthese des vaskulären endothelialen Wachstumsfaktors (VEGF) in Endothelzellen (HEINICKE, WENGER und GASSMANN, 2002). In vitro wird Hypoxie als ein wirkungsvoller Auslöser für die Entwicklung von VEGF, sowohl in malignen als auch in normal gebildeten Zellen gesehen (SHWEIKI et al., 1992; SHIMA et al., 1995; BROGI et al., 1994). Ebenso in vivo wird durch Hypoxie die VEGF Bildung stimuliert (MINCHENKO et al., 1994). Der VEGF besteht aus einer Vielzahl von dimeren Glykoproteinen. Es stellte sich heraus das VEGF sowohl mit physiologischen, als auch pathologischen Funktionen an einer Vielzahl von Prozessen beteiligt ist (ALARCÓN und PAGE, 2007).

In einer Studie von WENK (2004) wurde die Tauglichkeit von VEGF zum Nachweis von Hypoxie erforscht. Hierzu wurden acht mesozephaler und acht brachyzephaler Hunde einer Belastung unterzogen. Der VEGF-Wert im Blut wurde vor der Belastung, direkt nach der

---

Belastung und vier Stunden nach Erholung ermittelt. Bei den mesozephalen Hunden konnte kein signifikanter Anstieg des VEGF nachgewiesen werden. Die brachyzephalen Hunde allerdings zeigten einen signifikanten Anstieg des VEGFs nach vier Stunden Erholung.

### 3. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1. Tiere

Für die Studie wurden weder Hunde extra gezüchtet, noch erworben. Insgesamt haben 64 Hunde von drei verschiedenen Rassen teilgenommen. Die größte Gruppe bildet die Rasse der Möpse mit 47 Teilnehmern. Von diesen waren 24 Hunde aus einer VDH-Zucht (zwölf männlich, zwölf weiblich) und 23 aus unbekannter Herkunft oder Hobbyzuchten (elf männlich, zwölf weiblich) (Tab. 2). Alle Möpse stammen ausschließlich aus privater Haltung. Die zweite Gruppe bilden die sogenannten Retromöpfe. Auch diese sieben untersuchten Tiere kamen aus privater Haltung. Von den sieben Hunden waren vier männlich und drei weiblich. Die dritte Gruppe bestand aus zehn Beagles. Diese wurden, als Angehörige einer normozephalen Rasse, als Vergleichsgruppe untersucht. Bei den Beagles handelt es sich um weibliche Tiere. Sie sind im Besitz des Lehrstuhls für Tierernährung, wo sie, unter anderem, als Probanden für Futtermittelversuche dienen und befinden sich auf dem Fakultätsgelände in Oberwiesenfeld/München.

Bei der Untersuchung der Beagle handelt es sich um einen anzeigepflichtigen Tierversuch nach § 8, Absatz 2, Satz 1, Nr. 2. Die Tierversuchsanzeige Nr. 55.2-1-54-2531-67-10 des Lehrstuhls für Tierernährung „Einfluss eines Laufbandtrainings auf Parameter des Energiestoffwechsels bei Beagles“ wurde um eine Laufbanduntersuchung inklusive Blutentnahme erweitert.

Alle Hunde waren zum Zeitpunkt des Versuchs in einem Alter zwischen ein und acht Jahren.

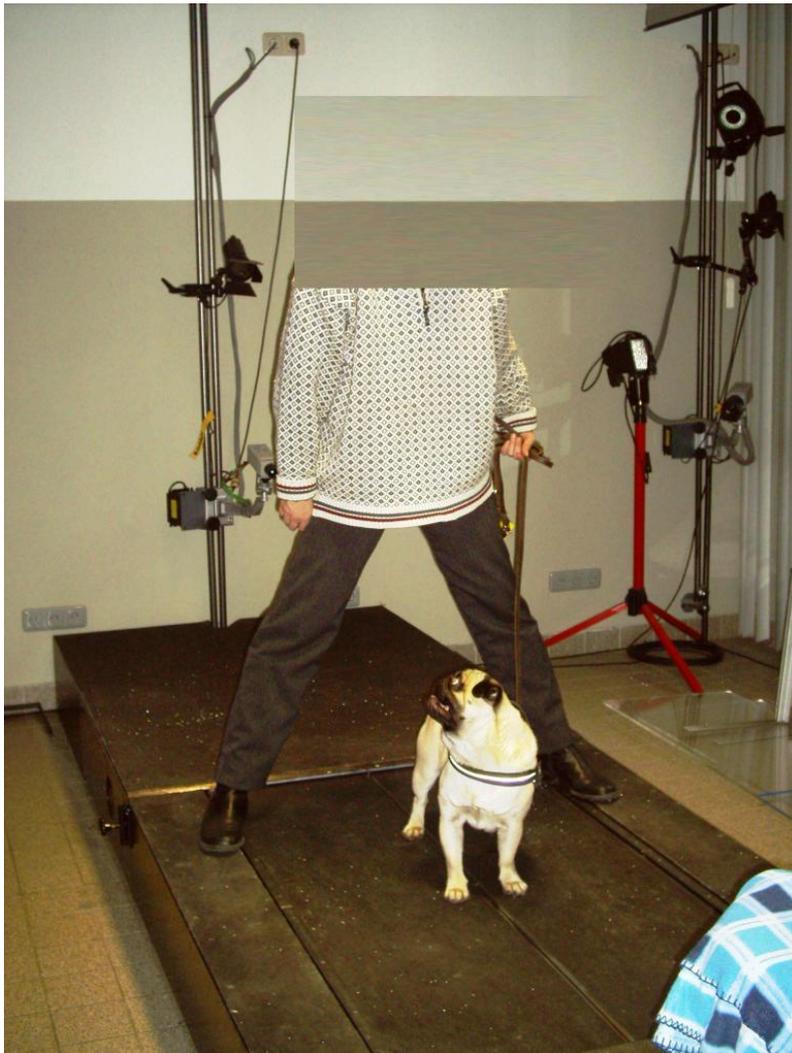
**Tabelle 2:** Anzahl und Herkunft der Möpse, Retromöpfe und Beagles.

	Möpfe		Retromöpfe	Beagle
	VDH	nicht VDH		
männlich	12	11	4	0
weiblich	12	12	3	10
Gesamt	24	23	7	10

#### 3.2. Versuchsablauf allgemein

Der Belastungstest sowie sämtliche Untersuchungsabläufe werden mit jedem Hund an einem Tag absolviert. Dabei wird darauf geachtet, den Tag so ruhig und stressfrei wie möglich zu gestalten.

Zunächst wird der Mops und der Retromops an das Laufband gewöhnt (Abb. 7).



**Abbildung 7:** Mops in der Gewöhnungsphase auf dem Laufband in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik (Fotografie von Verena Martin).

Zeigt es sich, dass der Hund problemlos auf dem Laufband läuft, folgt im Anschluss eine Allgemeinuntersuchung. Bei dieser werden die Temperatur, Atem- und Herzfrequenz in Ruhe (TR, AFR, HFR) erfasst, eventuell vorhandene Nebengeräusche der Atmung dokumentiert und Größe und Gewicht des Hundes gemessen. Eine von zwei Blutentnahmen erfolgt direkt nach der Allgemeinuntersuchung. Anschließend wird der Belastungstest gestartet. Direkt nach dem Belastungstest wird der Hund wieder auskultatorisch untersucht. Die ermittelten Werte ergeben die Herzfrequenz nach Belastung (HFB) und die Atemfrequenz nach Belastung (AFB). Auch wird die Temperatur nach Belastung (TB) gemessen. Nach einer 15-minütigen Erholungsphase werden diese drei Werte erneut bestimmt und ergeben Herzfrequenz nach Erholung (HFE), Atemfrequenz nach Erholung (AFE) und Temperatur nach Erholung (TE) (Tab. 3).

**Tabelle 3:** Zeiten für die Kontrolle von Herz- und Atemfrequenz, Temperatur sowie der Blutentnahme.

	Atemfrequenz	Herzfrequenz	Körpertemperatur	Blutentnahme
vor Belastungstest	X	X	X	X
direkt nach Belastungstest	X	X	X	
15 Min. nach Belastungstest	X	X	X	
4 Stunden nach Belastungstest				X

In der Erholungsphase werden Fotos des Hundekopfes von frontal und in Profilansicht gemacht. Es folgt eine Pause von vier Stunden für das Tier, während dessen im Labor das Blutbild und das Organprofil angefertigt werden. Vier Stunden nach der Belastung wird die zweite Blutentnahme durchgeführt. Als letzter Untersuchungspunkt folgt das Röntgen. Es werden Röntgenaufnahmen des Hundekopfes im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang angefertigt.

Der Ablauf wird zur besseren Übersicht nochmal in einer Tabelle zusammengefasst:

**Tabelle 4:** Übersicht über den Ablauf der Studie (HFE=Herzfrequenz in Ruhe, AFE=Atemfrequenz in Ruhe, TE=Körpertemperatur in Ruhe, HFB=Herzfrequenz nach Belastung, AFB=Atemfrequenz nach Belastung, TB=Körpertemperatur nach Belastung, HFE=Herzfrequenz nach Erholung, AFE=Atemfrequenz nach Erholung, TE=Körpertemperatur nach Erholung).

Schritt 1	Gewöhnung an das Laufband
Schritt 2	Allgemeinuntersuchung mit Ermittlung von HFR, AFR und TR
Schritt 3	Erste Blutentnahme
Schritt 4	Belastungstest
Schritt 5	Ermittlung von HFB, AFB und TB
Schritt 6	Fotoaufnahmen des Hundekopfes
Schritt 7	Ermittlung von HFE, AFE, und TE
Schritt 8	Vierstündige Pause
Schritt 9	Zweite Blutentnahme
Schritt 10	Anfertigen der Röntgenbilder

### **3.3. Belastungstest**

#### **3.3.1. Möpfe und Retromöpfe**

Im Rahmen des Belastungstests läuft der Hund eine Wegstrecke von einem Kilometer in elf Minuten. Um jeden Probanden mit gleicher Geschwindigkeit und Dauer der Laufphase belasten zu können, wird der Test auf einem fest installierten Laufband durchgeführt (Abb. 8). Zudem gewährleistet diese Entscheidung annähernd gleiche klimatische Bedingungen für jeden Hund. Zu diesem Zweck stellte die Chirurgische und Gynäkologische Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München ihr Ganganalyselabor zur Verfügung. Zu diesem gehören ein Laufband mit vier Kraftmessplatten, das optische System Vicon V-MX Motion Capture, neun digitale Kameras sowie ein Belichtungssystem. Für diese Studie wurde allerdings nur das Laufband benötigt. In einem Podest von 5,7 m Länge, 1,2 m Breite und 28 cm Höhe sind zwei Laufbänder eingelassen. Diese Laufbänder sind auf einer Länge von 140 cm und einer Breite von 0,80 m sichtbar. Der Raum hat insgesamt eine Größe von 30 qm.

Nach den ersten Probeläufen zeigte es sich, dass es den Hunden am leichtesten fällt, wenn sich die Besitzer auf dem Podest vor dem Laufband platzieren. Diese Position erlaubt es ihnen, ihrem Hund Sicherheit zu geben und ihn bei Bedarf mit Futter und/oder Spielzeug zu motivieren. Während des Laufens ist der Hund zusätzlich durch eine weitere Person gesichert. Diese steht mit den Füßen auf den seitlichen Stegen neben dem Laufband und führt den angeleiteten Hund. Steht das Tier so gesichert auf dem Band, wird das Laufband gestartet. Mithilfe der Software der Firma Simi kann die Geschwindigkeit zwischen 1,50 m/s und 1,52 m/s eingestellt werden. So ergibt sich nach Ablauf von elf Minuten eine zurückgelegte Wegstrecke zwischen 990 m und 1003 m. Bei Zwischenfällen, wie Unlust oder Erschöpfung des Hundes, kann das Laufband jederzeit angehalten werden.



**Abbildung 8:** Mops während des Belastungstests auf dem Laufband in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik (Fotografie von Verena Martin).

### 3.3.2. Beagles

Aufgrund des oben erwähnten Versuchs „Einfluss eines Laufbandtrainings auf Parameter des Energiestoffwechsels bei Beagles“, waren die Beagle auf ein anderes Laufband konditioniert. Dieses befindet sich auf dem Gelände in Oberwiesenfeld (Abb. 9 und 10). Da der Transport, mangels Gewöhnung an das Autofahren, für die Tiere nicht ohne erhebliche Stressbelastung abgelaufen wäre, wurde entschieden, die Tiere in Oberwiesenfeld zu testen. Das dortige Laufband ist von der Firma WT-Metall GMBH & Co.KG speziell angefertigt worden. Es hat eine Breite von 60 cm und eine Gesamtlauflänge von drei Metern. Um die Sicherheit der Tiere beim Laufen zu gewähren, sind Seitenwände und eine Frontwand an das Laufband angebracht. Zusätzlich wird der Hund mit Geschirr und Leine fixiert. Zur Einstellung der Geschwindigkeit dient ein, in das Laufband integrierter Fahrradcomputer. Zum Stoppen der Zeit wird eine handelsübliche Stoppuhr verwendet. Aufgrund des Größenunterschiedes zwischen Beagle und Mops, muss eine andere Geschwindigkeit und Dauer des Tests für die Beagles gewählt werden. Die Geschwindigkeit und Dauer wurden wie folgt ermittelt:

Es wurde von zehn Möpsen die Schrittzahl bei einer Geschwindigkeit von 1,52 m/s gemessen. Dies ergab einen Mittelwert von 2,82 Schritten/s. Bei den zehn Beagles wurde ebenfalls ein

Mittelwert von der Schrittzahl/s bei definierter Geschwindigkeit errechnet. Aufgrund dieser Daten ergab sich, dass der Beagle mit einer Geschwindigkeit von 1,91 m/s laufen muss, um auf eine Schrittzahl von 2,82 m/s zu kommen. Da der Beagle bei erhöhter Geschwindigkeit auch nur 1000 m Wegstrecke zurücklegen soll, wird eine Belastungszeit von 8 Minuten und 42 Sekunden berechnet.



**Abbildung 9:** Laufband auf dem Fakultätsgelände Oberwiesenfeld (Fotografie von Verena Martin).



**Abbildung 10:** Eingang des Laufbandes (Fotografie von Verena Martin).

### 3.4. Blutuntersuchungen

Es finden für jeden Hund zwei Blutentnahmen statt. Entnommen wird das Blut mit einer 20G Sterican<sup>®</sup> Kanüle (Braun Melsungen AGr Firma) aus der V. cephalica accessoria oder der V. tibialis cranialis. Bei der ersten Blutentnahme vor dem Belastungstest werden ein 1,3 ml EDTA Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht) und ein 1,3 ml Heparin Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht) direkt mit Blut gefüllt. Diese Proben werden zur Anfertigung des Blutbildes und des Organprofiles genutzt. Zusätzlich dient das Heparin-Blut zur Bestimmung des VEGF-Basalwertes (VEGF<sub>0</sub>). Bei der zweiten Blutentnahme wird nur noch Heparin-Blut zur Bestimmung des VEGF-Wertes nach Belastung (VEGF<sub>4</sub>) gewonnen. Für den quantitativen Elisa zur Bestimmung des VEGF-Wertes wird das Heparin-Blut aufbereitet. Die Blutproben werden gekühlt aufbewahrt und am Ende jedes Versuchstages in der Multifuge 4Kr (Firma Heraeus) bei 1400 U/s für neun Minuten zentrifugiert. Anschließend werden 0,5 ml Plasma von jedem Röhrchen mit einer Pipette der Firma

Vistalab Technologies in ein Polypropylentube abpipettiert. Das Plasma ist bei -20 C° tiefgefroren aufbewahrt, so dass der Elisa durchgeführt wird nachdem alle Hunde den Test durchlaufen haben.

### 3.4.1. Blutbild

In der vierstündigen Wartezeit wird aus EDTA-Vollblut das Blutbild angefertigt. Ohne weitere Aufbereitung des Blutes werden mit dem Vet-ABC (scil vet academy GmbH Viernheim) folgende Parameter analysiert:

**Tabelle 5:** Parameter des Blutbildes.

WBC	White Blood Cells; weiße Blutkörperchen
RBC	Red Blood Cells; rote Blutkörperchen
HGB	Hämoglobin
HCT	Hämatokrit
PLT	Platelets; Thrombozyten
MCV	Mean Corpuscular Volume; Erythrozytengröße
MCH	Mean Corpuscular Hemoglobin; durchschnittlicher Hämoglobingehalt der Einzelerythrozyten
MCHC	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration; mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrozyten
RDW	Red Blood Cell Distribution Width; Erythrozytenverteilungsbreite
MPV	Mean Platelet Volume; durchschnittliches Thrombozytenvolumen
LYM	Lymphozyten
MO	Monozyten
GRAN	Granulozyten

### 3.4.2. Organprofil

Aus Heparin-Vollblut wird, ebenfalls in der vierstündigen Wartezeit, ein Organprofil mit dem Vetscan (scil vet academy GmbH Viernheim) angefertigt. Dazu wird aus dem Heparinröhrchen 0,9 ml Blut abpipettiert und in einen Comprehensive Diagnostic Rotor (scil vet academy GmbH Viernheim) eingefüllt. Anschließend wird der Vetscan mit diesem Rotor geladen, um folgende Parameter zu messen:

**Tabelle 6:** Parameter des Organprofiles.

ALB	Albumin
ALP	Alkalische Phosphatase
ALT	Alanin-Amino-Transferase
AMY	Amylase
TBIL	Bilirubin
BUN	Harnstoff

CA++	Kalzium
PHOS	Phosphat
CRE	Kreatinin
GLU	Glukose
NA+	Natrium
K+	Kalium
TP	Gesamtprotein
GLOB	Globulin

### 3.4.3. VEGF

Die VEGF-Analyse wird mit einem Caninen ELISA-Testkit von Quantikine® (R & D Systems, Inc.; Minneapolis) angefertigt. Insgesamt werden 121 Proben untersucht.

Zunächst werden die bei -20 °C gefrorenen Plasmaproben bei Raumtemperatur aufgetaut. Zur Herstellung eines Plasma Pools werden aus 39 Proben jeweils 100 µl in ein 5 ml Tube abpipettiert und auf dem Vortex gut gemischt. Dieser Pool von 3900 µl wird anschließend in 18 1,5 ml Polypropylentubes mit je 200 µl aliquotiert. Ebenfalls werden vorbereitend für jede Platte 500 ml Waschpufferlösung hergestellt und aus einer VEGF-Standardlösung eine Verdünnungsreihe von 2500 pg/ml bis 19,5 pg/ml angefertigt. Das im Kit enthaltene Calibrator Diluent dient als 0-Standard.

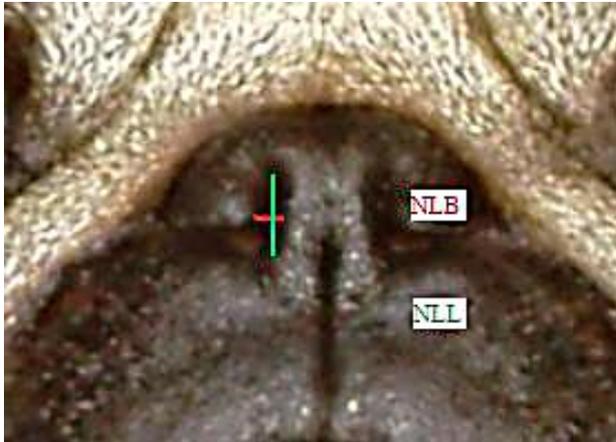
Von jeder Probe werden nun 150 µl Plasma abpipettiert und mit 150 µl Diluent verdünnt. Nach Vorbereiten der Platte mit einer Proteinlösung werden die Standardverdünnungen und die Plasmaproben (jeweils 100 µl pro Vertiefung) sowie ein Pool Plasma in Doppelproben zugefügt. Nach einer Inkubationszeit von zwei Stunden wird die Platte dreimal mit Waschpufferlösung gewaschen. Danach werden polyklonale VEGF-Antikörper auf die Platte aufgetragen. Nach einer weiteren Inkubationszeit von zwei Stunden folgt wieder der dreimalige Waschvorgang. Eine Anfärbelösung bestehend aus Hydrogenperoxiden und Tetramethylbenzidinen wird gemischt, auf die Platte pipettiert und das Ganze lichtgeschützt für 25 Minuten inkubiert. Nach Auftragen einer Stopplösung wird die Absorption mit dem Biotek-Reader (Bio Tek Germany, Bad Friedrichshall) bei 450 nm und 570 nm gemessen.

### 3.5. Fotoaufnahmen

Von jedem Hund wird eine Frontalaufnahme des Kopfes aufgenommen. Anhand der Aufnahmen wird versucht, das Verhältnis Nasenlochbreite (NLB) zu Nasenlochlänge (NLL)

zu bestimmen, um die brachycephale Gruppe mit der normozephalen Gruppe zu vergleichen. Dafür wird das Nasenloch in seiner Breite und seiner Länge gemessen (Abb. 11) und wie folgt berechnet.

$$NLB/NLL = \frac{\text{Strecke NLB}}{\text{Strecke NLL}}$$



**Abbildung 11:** Fotografie des Nasenspiegels zur Bestimmung des Verhältnisses Nasenlochbreite (NLB, rot) zu Nasenlochlänge (NLL, grün) (Fotografie von Verena Martin).

### 3.6. Röntgenuntersuchung

Die Röntgenuntersuchung bildet den Abschluss jedes Versuchstages. Am wachen Tier werden insgesamt vier Röntgenaufnahmen angefertigt (Axiom dRF, Siemens Medizintechnik Erlangen). Der Kopf wird im dorsoventralen und laterolateralen Strahlengang, der Thorax ebenfalls im laterolateralen Strahlengang geröntgt. Zusätzlich wird noch eine Weichteilaufnahme des Kehlkopfbereichs aufgenommen. Die Aufnahmen des Thorax und Kehlkopfes dienen dem Überblick und werden nicht zu Messungen herangezogen. Von den Kopfaufnahmen werden Messungen zur Berechnung von Verhältnissen und Indices vorgenommen. Diese Werte sollen eventuell vorhandene Unterschiede in der brachyzephalen, knöchernen Struktur von Individuum zu Individuum sichtbar machen. So sollen mögliche Engstellen in den Atemwegen, anhand der knöchernen Struktur ohne invasive Methoden erkannt werden können.

Es wurde darauf verzichtet Röntgenaufnahmen von den Beagles anzufertigen. Der Transport der Hunde wäre, mangels Gewöhnung an das Autofahren, nicht ohne erheblichen Stress für die Tiere abgelaufen.

### 3.6.1. Klassifizierung der Schädelformen

Für die Klassifizierung der Schädelformen werden der S-Index nach BALI, der Längen-Breiten-Index nach BREHM und der Schädelindex nach EVANS bestimmt.

Zur Ermittlung des S-Index wird auf der dorsoventralen Röntgenaufnahme des Schädels die Hirnkapsellänge (HKb) vom rostral gelegenen Punkt der Crista occipitalis externa bis zur Grenze des Cavum cranii bestimmt. Ebenso die Gesichtsschädellänge (GSL) von der Grenze des Cavum cranii bis zum Alveolarrand des Os incisivum (Abb. 12).

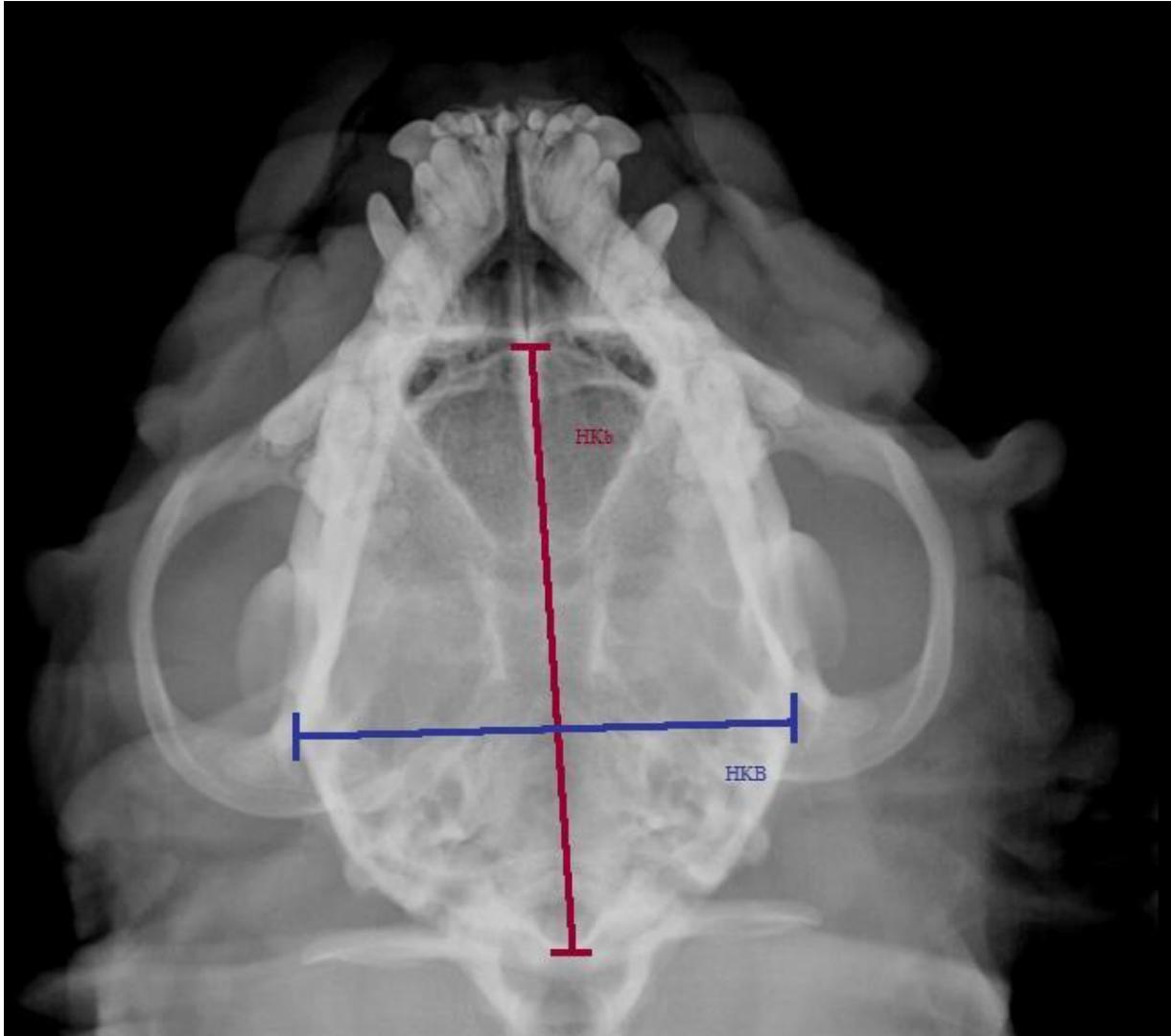


**Abbildung 12:** Messstrecke der Hirnkapsellänge nach BREHM (HKb) und der Gesichtsschädellänge (GSL) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Das Verhältnis der beiden Werte ergibt den S-Index (BALI, 2004):

$$S - \text{Index} = \frac{HKb}{GSL}$$

Zur Bestimmung des Längen-Breiten-Index (LBI) wird die Hirnkapselbreite (HKB) gemessen. Die HKB ist die Entfernung zwischen den am weitesten lateral gelegenen Punkten des Hirnschädels ergibt (Abb. 13).

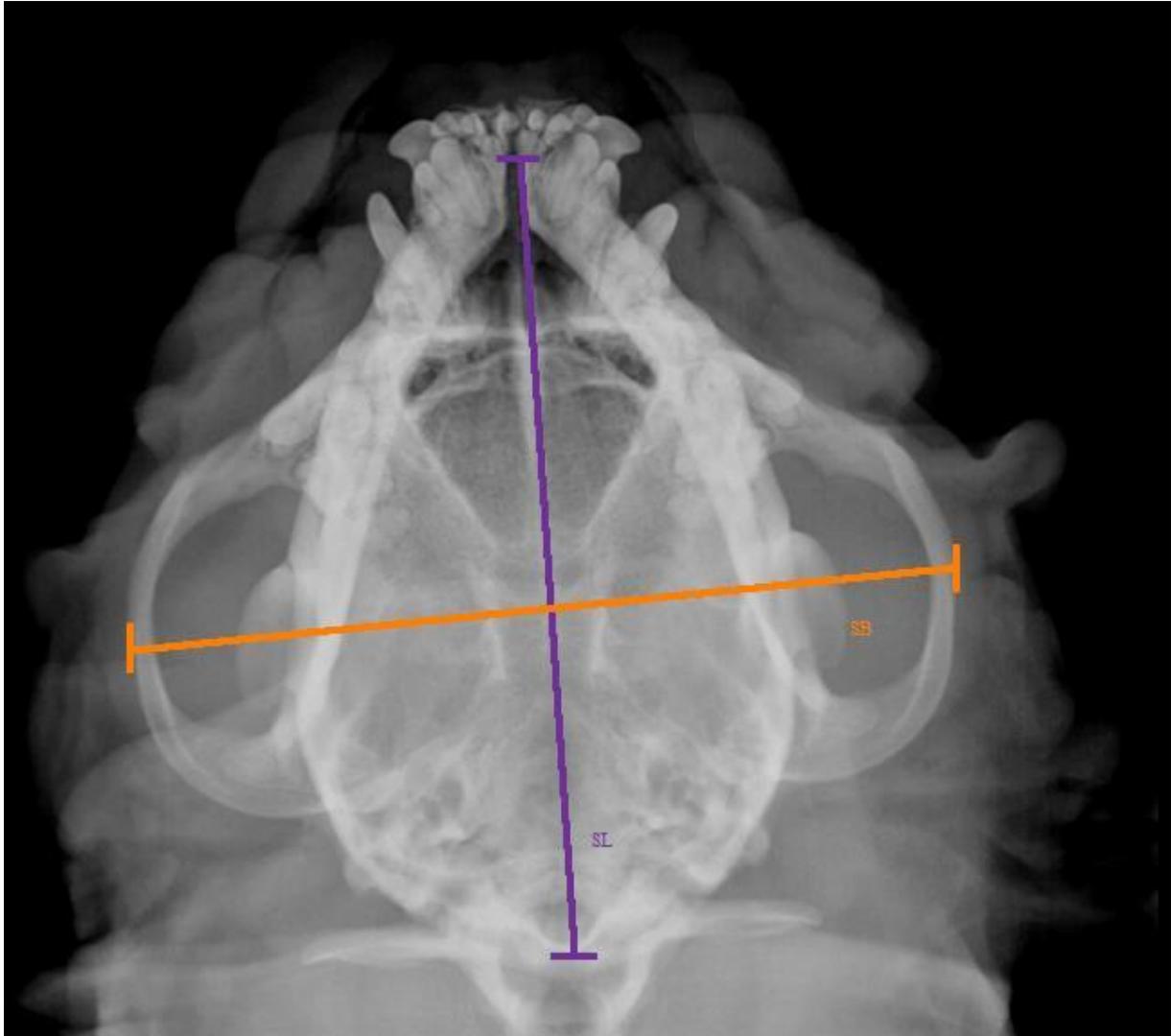


**Abbildung 13:** Messstrecke der Hirnkapsellänge nach BREHM (HKb) und der Hirnkapselbreite (HKB) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Das Verhältnis von Hirnkapsellänge und Hirnkapselbreite bildet den LBI (BREHM, 1985):

$$\text{LBI} = \frac{\text{HKb}}{\text{HKB}}$$

Für den Schädelindex nach Evans wird die Schädelbreite (SB) zwischen den beiden Jochbögen gemessen, die Strecke vom Os occipitale bis Alveolarrand des Os incisivum ergibt die Schädellänge (SL) (Abb. 14).



**Abbildung 14:** Messstrecken von Schädelbreite (SB) und Schädellänge (SL) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

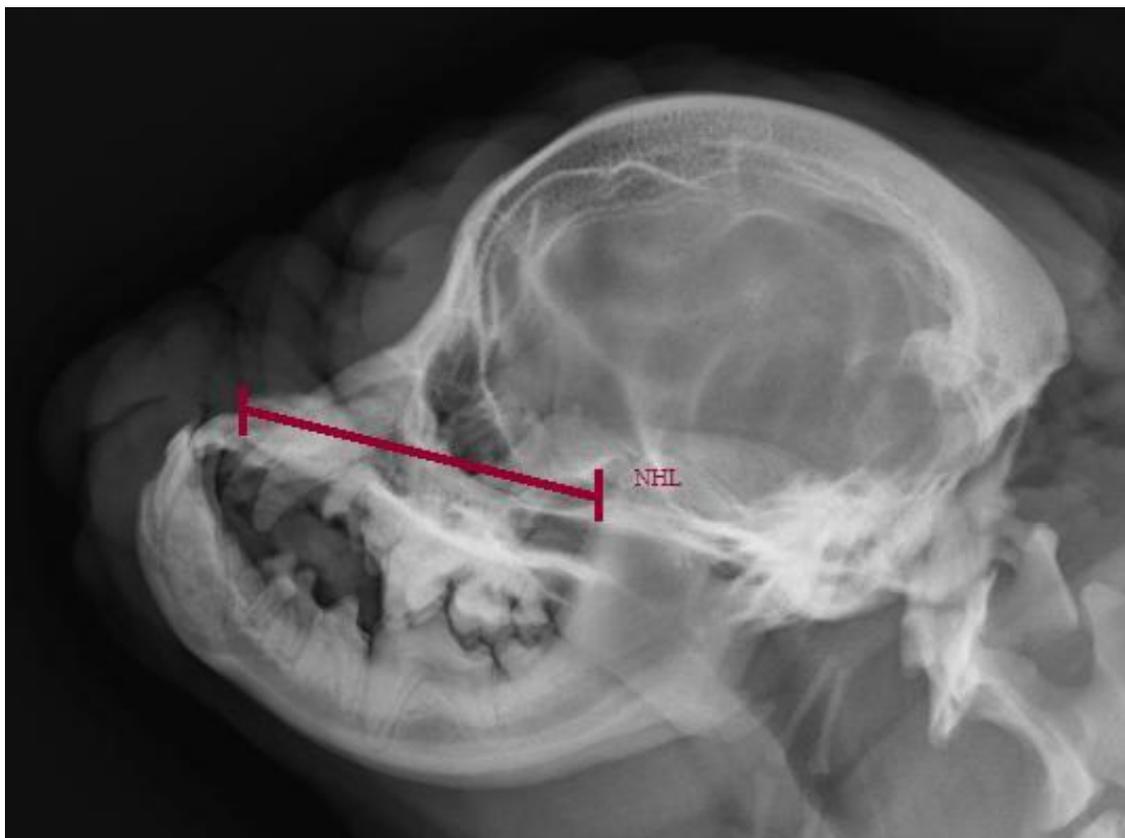
Das Verhältnis von Schädelbreite zu Schädellänge ergibt den SIE:

$$\text{SIE} = \frac{SB}{SL}$$

### 3.6.2. Proportionsberechnungen des Schädels

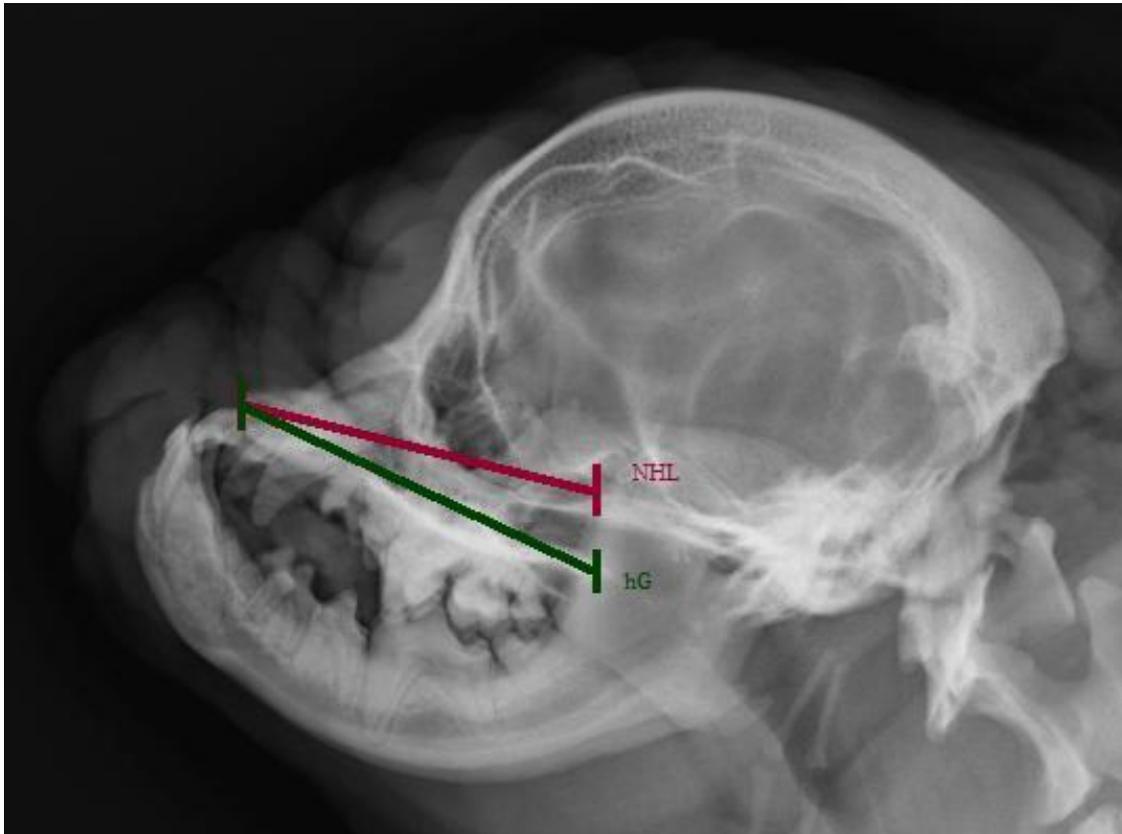
Von jeder Seitenaufnahme des Kopfes werden insgesamt fünf verschiedene Abstände gemessen. Die Messstrecken werden nach OECHTERING et al. (2007) vorgenommen. Da in seiner Studie computertomographische Bilder genutzt wurden, kann nicht jeder Messpunkt übernommen werden. Ist die anatomische Struktur, welche als Ausgangspunkt der Messung dient, nicht sichtbar, werden anatomisch Punkte definiert, welche die gleichen Strecken widerspiegeln.

Für die Länge der Nasenhöhle (NHL) können die Messpunkte übernommen werden. Es wird vom Alveolarrand des Os incisivum bis zur kaudalen Begrenzung des Os sphenoidale gemessen (Abb. 15).



**Abbildung 15:** Messstrecke für die Nasenhöhlenlänge (NHL) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Ebenso konnten die Messpunkte für die Länge des harten Gaumens (hG) übernommen werden. Gemessen wird vom Alveolarrand des Os incisivum bis zum kaudalen Ende des harten Gaumens (Abb. 16).

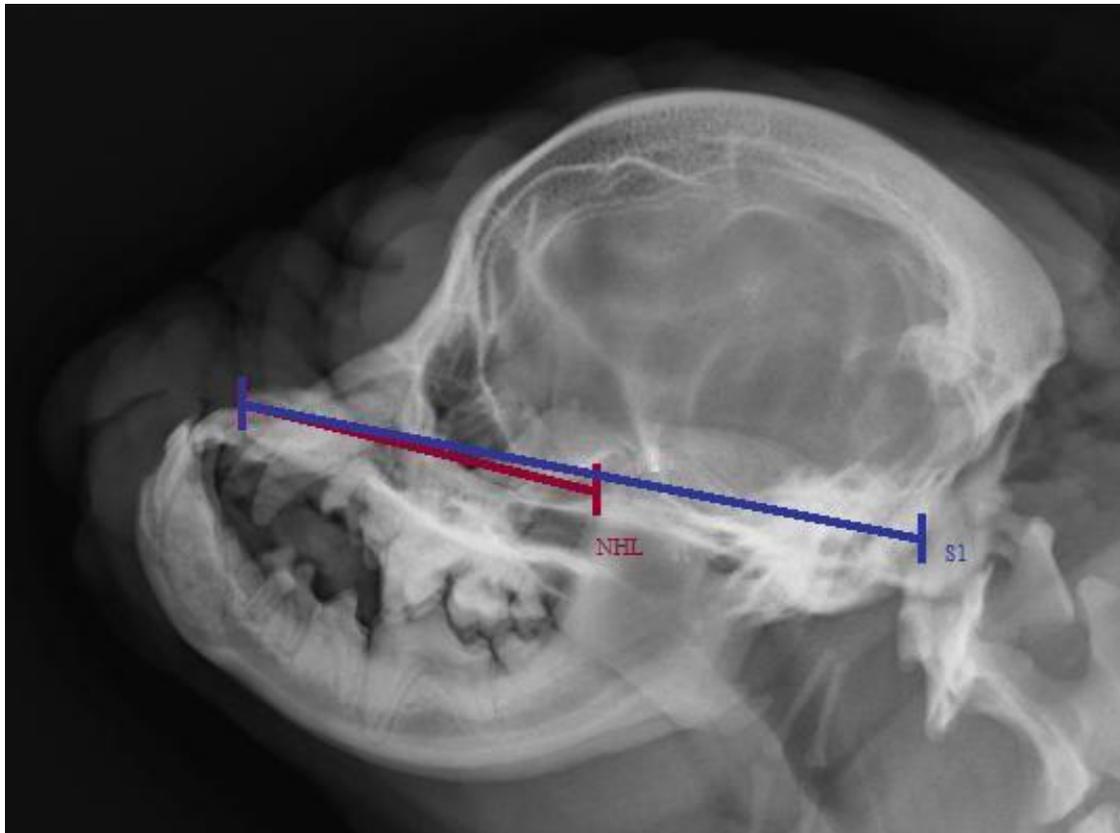


**Abbildung 16:** Messstrecke für NHL und harter Gaumen (hG) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Die Länge des harten Gaumens wird mit der Länge der Nasenhöhle in ein Verhältnis gesetzt:

$$\frac{hG}{NHL}$$

Als Schädellänge 1 (S1) wird die Strecke vom Alveolarrand des Os incisivum bis zur weitest ventral gelegenen Stelle des Foramen magnum bezeichnet. Da diese Stelle im Röntgenbild nicht sichtbar ist, wird der rostrale Punkt des Condylus occipitalis als Messpunkt bestimmt. Anatomisch liegt der am weitesten ventral gelegene Punkt des Foramen in diesem Bereich (Abb. 17).

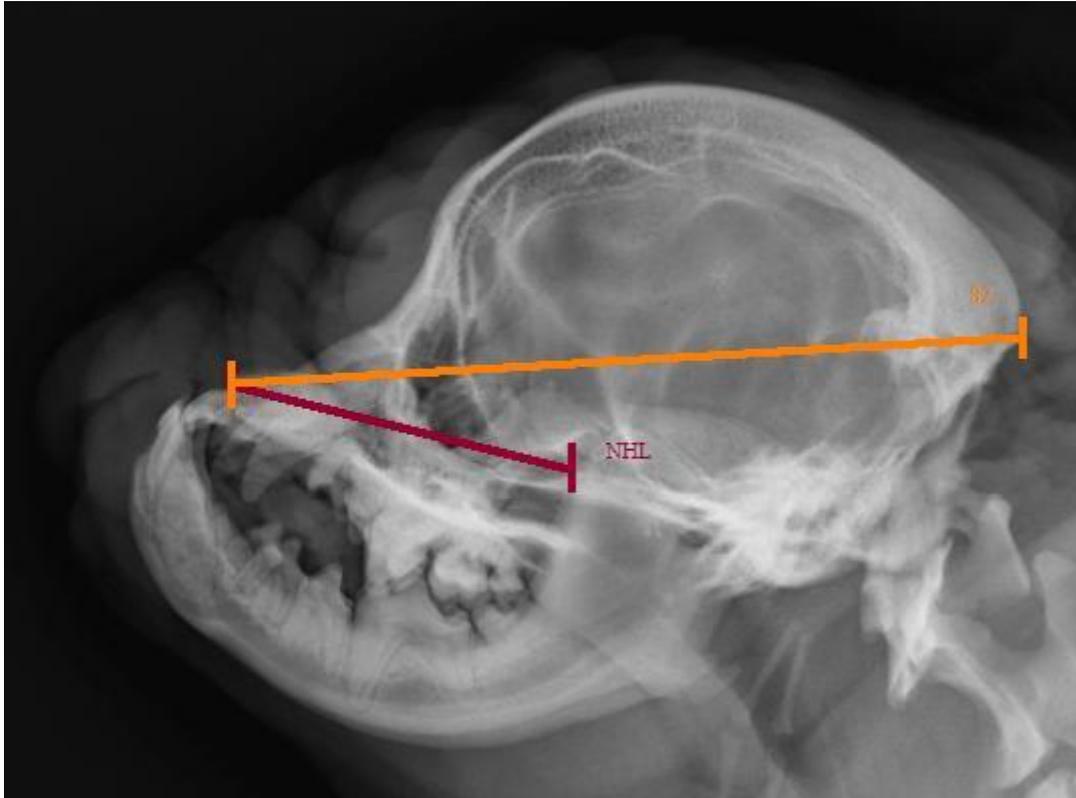


**Abbildung 17:** Messstrecke für NHL und Schädellänge 1 (S1) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Die Schädellänge 1 wird mit der Länge der Nasenhöhle in ein Verhältnis gesetzt:

$$\frac{S1}{NHL}$$

Für die Schädellänge 2 (S2) können die Messpunkte der computertomographischen Schädelaufnahmen übernommen werden. Gemessen wird vom Alveolarrand des Os incisivum bis zur Protuberantia occipitalis externa (Abb. 18).

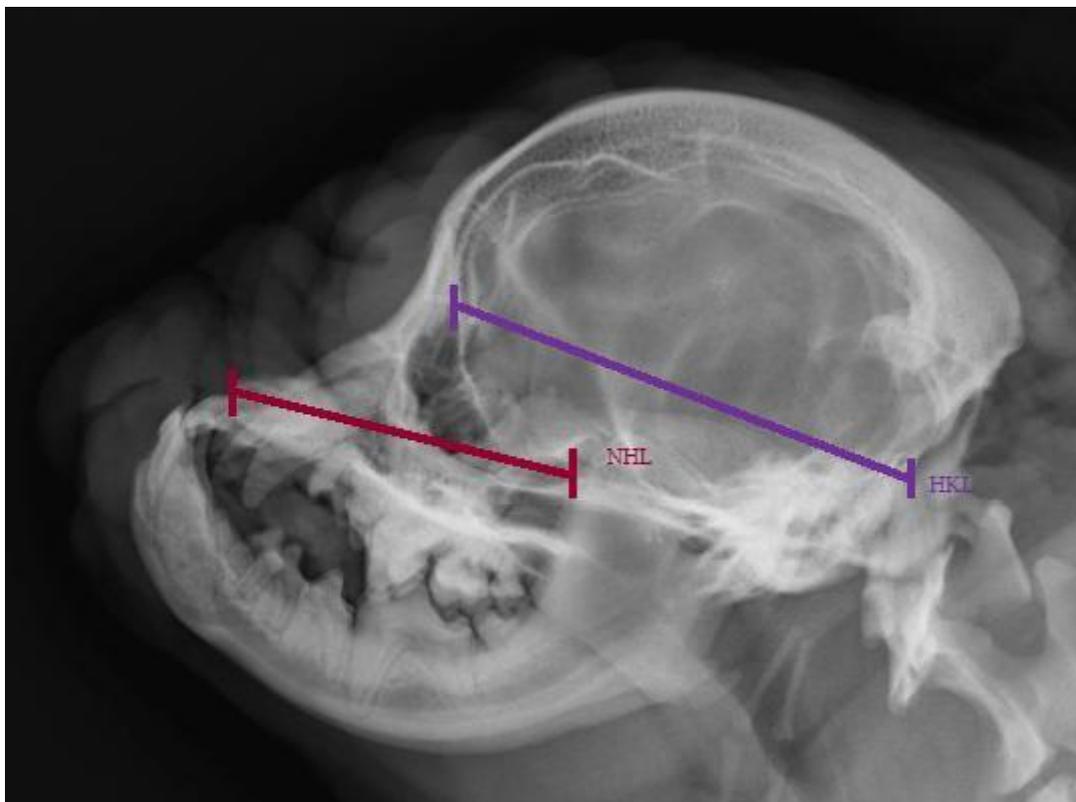


**Abbildung 18:** Messstrecke für NHL und die Schädellänge 2 (S2) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Die Schädellänge 2 wird mit der Länge der Nasenhöhle in ein Verhältnis gesetzt:

$$\frac{S2}{NHL}$$

Als Länge der Hirnkapsel (HKL) wird die Strecke von der Verbindungsnaht von Os frontale und Os ethmoidale bis zum dorsalen Rand des Foramen magnum bezeichnet. Auch dieser Punkt ist in der röntgenologischen Darstellung nicht direkt ersichtlich. Der Punkt wird wieder anhand anatomisch benachbarter Strukturen bestimmt und liegt in Höhe des dorsokaudale Endes der Condylen und des ventrokaudalen Endes des Okkziputs (Abb. 19).



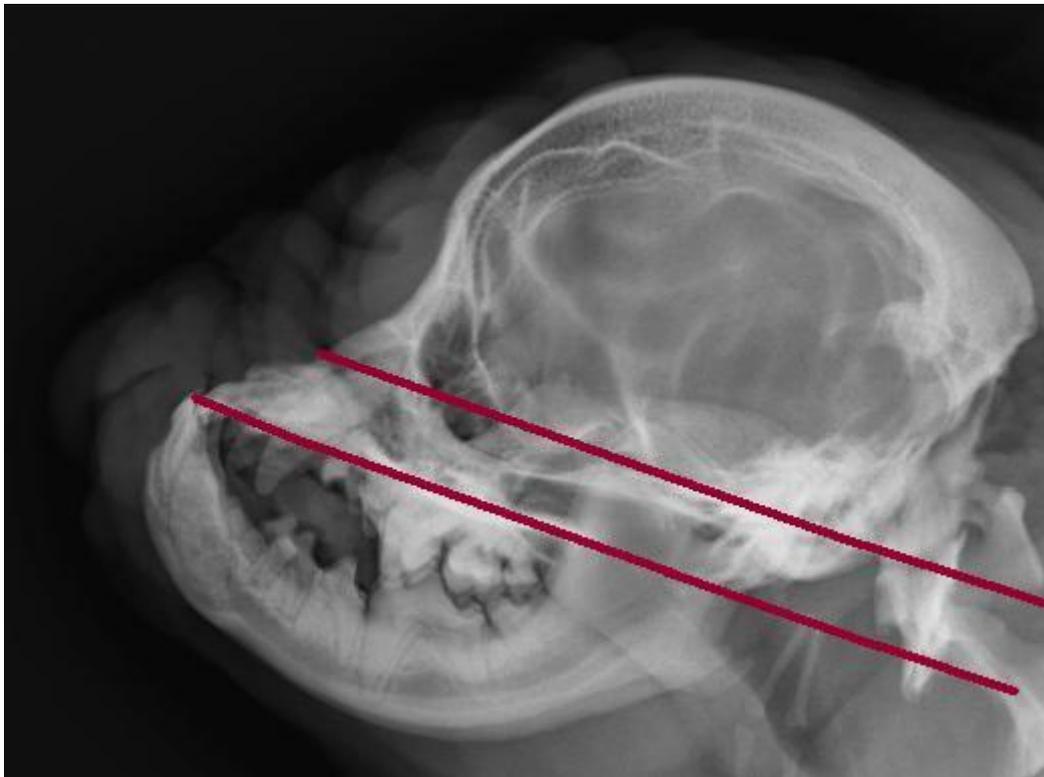
**Abbildung 19:** Messstrecken für die NHL und die Hirnkapsellänge (HKL) (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

Die Länge der Hirnkapsel wird mit der Länge der Nasenhöhle in ein Verhältnis gesetzt:

$$\frac{HKL}{NHL}$$

### 3.7. Kraniofazialer Winkel

Der Winkel zwischen Schädelbasis und Gesichtsschädel wird als Kraniofazialer Winkel bezeichnet. Die Linie der Schädelbasis hat ihren Ausgangspunkt an der Basis des Occiputs und verläuft durch den Sulcus chiasmatis. Die Verlängerung des harten Gaumens bildet die Linie des Gesichtsschädels (Abb. 20).



**Abbildung 20:** Messstrecken zur Bestimmung des kraniofazialen Winkels (Röntgenaufnahme der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik, LMU).

### 3.8. Statistische Methode

Um einen Überblick über die große Datenmenge zu bekommen, wurde zunächst eine deskriptive Statistik angefertigt. Für den Vergleich Retromops zu Mops wurden die Daten dem Levene-Test auf Gleichverteilung geprüft und parametrische Daten mit dem t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Bei nichtparametrischen Daten wurde die Signifikanz mit dem Mann-Whitney-Test geprüft. Häufigkeitsverteilung zwischen den zwei Gruppen wurde mittels des Chi-Quadrat-Tests berechnet und mit dem exakten Test nach Fischer die Signifikanz geprüft. Für die Daten der Röntgenauswertung wurde zunächst eine explorative Datenanalyse angefertigt. Die Werte wurden mit dem Kolmogorov-Smirnova-Test auf Normalverteilung geprüft. Die Auswertung des Vergleichs der Gruppe „bestanden“ mit der

---

Gruppe „nicht bestanden“ wurde mittels ROC-Kurven durchgeführt. Für alle Daten wurde das Signifikanzniveau auf 5% festgelegt ( $p = 0,05$ ). Zur Anfertigung der Statistik wurde die SPSS-Software der Firma Microsoft verwendet.

Die Überprüfung und Betreuung der statistischen Berechnungen wurden von Herrn PD Dr. med. vet. Sven Reese, Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der LMU München übernommen.

## **4. ERGEBNISSE**

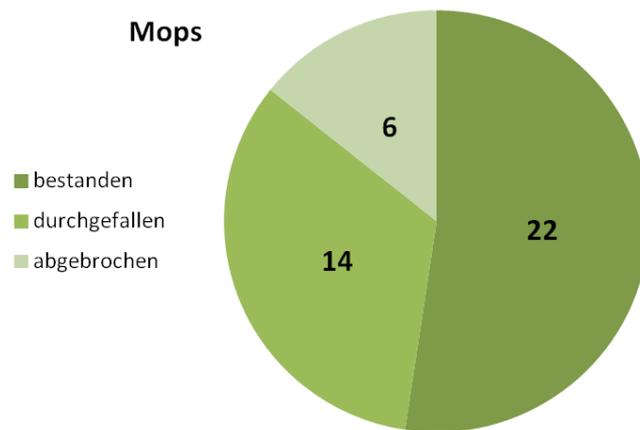
### **4.1. Auswertung des Belastungstest**

Um die Zuchttauglichkeit zu erlangen, muss der Mops unter anderem einen Belastungstest bestehen. Die Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. besagen, dass der Mops eine Wegstrecke von einem Kilometer in maximal elf Minuten zurücklegen muss. Der Test gilt als bestanden, wenn sich die Herz- und Atemfrequenz des Hundes nach spätestens 15 Minuten wieder normalisiert haben. Unter Berücksichtigung dieser Richtlinien wurden die Möpfe, Retromöpfe und Beagles beurteilt.

#### **4.1.1. Möpfe**

Von den 47 Hunden, die sich für die Studie zur Verfügung gestellt hatten, waren 24 Hunde aus einer VDH-Zucht und 23 Hunde aus Hobbyzuchten oder aus unbekannter Herkunft.

Fünf Hunde ließen sich nicht an das Laufen auf dem Laufband gewöhnen. Es bleiben 42 Möpfe die den Belastungstest begonnen haben. Bei sechs Hunden, davon drei aus einer VDH-Zucht, kam es zu einem vorzeitigen Abbruch des Laufbandtests. Aus gesundheitlichen Gründen wurde bei zwei Hunden von einer Teilnahme abgesehen. Beide Hunde kamen aus einer nicht vom VDH anerkannten Zuchtstätte. Die Ursache der gesundheitlichen Probleme konnte dem brachyzephalen Atemnotsyndrom zugeordnet werden. Da diese Hunde auf keinem Fall in der Lage gewesen wären, die Belastung auf dem Laufband zu bestehen, wurden sie zu der Gruppe „nicht bestanden“ addiert. Insgesamt haben 14 Möpfe, sechs aus einer VDH-Zucht stammend, den Belastungstest nicht bestanden. 22 Möpfe, davon 12 aus VDH-Zucht, haben den Belastungstest bestanden (Abb. 21).



**Abbildung 21:** Endergebnis des Belastungstest der Möpfe beurteilt nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. (N=42).

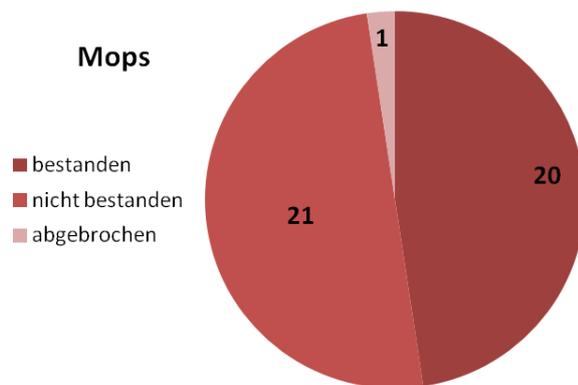
Ein Unterschied zwischen VDH-Zuchttieren und der anderen Mopsgruppe war nicht zu erkennen (Tab. 7).

**Tabelle 7:** Möpfe aus VDH-Zucht im Vergleich mit Möpfen aus Nicht-VDH-Zucht bezüglich der Ergebnisse des Belastungstests nach Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V..

		Mops nicht VDH	Mops VDH
Endergebnis nach Richtlinien Mopsclub	bestanden	10	12
	durchgefallen	8	6
	abgebrochen	3	3
Gesamt		21	21

Zusätzlich, neben der Beurteilung nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs, wurde noch nach einem weiteren Kriterium beurteilt. Es wurden die Ruhfrequenzen von Herz und Atmung bewertet. Hunde mit Frequenzen über dem Normbereich wurden ebenfalls zu der Gruppe nicht bestanden hinzugezählt. Somit stieg die Zahl der Gruppe „nicht bestanden“ an. Fünf von den sechs Möpfen brachen den Test von sich aus ab. Sie zeigten bereits in Ruhe eine deutlich erhöhte Atemfrequenz. Bei Belastung stieg diese weiter an. Es wurde daher davon ausgegangen, dass diese Tiere den Test mangels Kondition nicht bestehen. Lediglich bei einem Mops war es die Entscheidung der Besitzer, den Test abubrechen. Der Mops hätte keinerlei Probleme gehabt, den Test zu

beenden und zu bestehen. Zwei Tiere, beide aus einer VDH-Zucht, erfüllten die Anforderungen des Deutschen Mopsclubs sich nach 15 Minuten Erholung wieder der Ruhefrequenz angenähert zu haben, lagen aber in der Atemfrequenz in Ruhe über dem physiologische Normwert. Zählt man diese zwei und die fünf Abbrecher, bestehend aus drei VDH-Zuchttieren und zwei aus unbekannter Zucht als nicht bestanden, steigt die Zahl der Gruppe „nicht bestanden“ auf 21. Bestanden haben dann noch 20 Möpse (Abb. 22).



**Abbildung 22:** Endergebnis des Belastungstests der Möpse, beurteilt nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. inklusive der Ruhewerte (N=42).

#### 4.1.2. Retromöpfe und Beagle

Von den sieben Retromöpfe die an der Studie teilgenommen haben, waren vier männlich und drei weiblich.

Alle Retromöpfe haben den Belastungstest bestanden. Das Ergebnis änderte sich nicht, als die Atemfrequenzen in Ruhe mit einbezogen wurden.

Von den zehn Beagles haben neun den Belastungstest bestanden. Ein Beagle hatte nach 15 Minuten Erholung eine deutlich höhere Herzfrequenz als in Ruhe. Er ist somit durchgefallen. Alle Beagle waren weiblich. Auch bei den Beagle änderte sich das Ergebnis unter Einbeziehung der Atemfrequenz in Ruhe nicht.

## 4.2. Blutuntersuchungen

Nach der klinischen Untersuchung wurde den Hunden Blut abgenommen. Es wurde aus EDTA-Blut ein Blutbild, aus Heparin-Blut ein Organprofil angefertigt.

Aus dem Heparin-Blut wurde Plasma gewonnen. Dies diente zur Bestimmung des VEGF-Basalwertes. Vier Stunden nach Belastung wurde nochmals Blut abgenommen. Daraus wurde ebenfalls Plasma gewonnen und diente der Bestimmung des VEGF nach Belastung.

#### **4.2.1. Blutbild und Organprofil**

Die Blutbilder und Organprofile der Möpfe, Retromöpfe und Beagles waren ohne besonderen Befund. Alle Hunde waren somit zum Zeitpunkt der Untersuchung unter diesem Aspekt als gesund anzusehen.

#### **4.2.2. VEGF**

Obwohl der ELISA zur Auswertung des VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) ordnungsgemäß durchgeführt wurde, zeigten sich die daraus resultierenden Ergebnisse als nicht verwertbar.

### **4.3. Vergleich Mops zu Retromops**

Es galt zu untersuchen, ob der Retromops bezogen auf die brachycephale Problematik ein gesünderer Hund ist. Zur Veranschaulichung des Unterschiedes werden die Daten der Beagle in den Übersichtstabellen, exklusiv bei den Röntgenauswertungen, mit erfasst.

#### **4.3.1. Atemgeräusche**

Bei der klinischen Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf die Auskultation der Atemwege gelegt. Da sich eine nahezu homogene Verteilung der Ergebnisse zwischen VDH-Mops und nicht VDH-Mops zeigte (Tab. 8), wurden sie bei der statistischen Auswertung zu einer Gruppe zusammengefasst. Von den 42 auskultierten Möpsen zeigten sieben Möpfe kein Atemgeräusch. Die restlichen 39 Tiere zeigten obere oder untere Atemgeräusche sowie eine Kombination aus oberen und unteren Atemgeräuschen. Im Vergleich Mops zu Retromops zeigte sich, dass die Möpfe signifikant häufiger in Ruhe ein Atemgeräusch aufwiesen ( $p < 0,001$ ). Im Gegensatz dazu konnte bei keinem der Retromöpfe oder Beagles auskultatorisch ein Atemgeräusch festgestellt werden (Tab. 8).

**Tabelle 8:** Übersicht über die Häufigkeit der Atemgeräusche von Mops, Retromops und Beagle.

		Rasse				Gesamt
		Mops nicht VDH	Mops VDH	Retromops	Beagle	
auskultatorisch hörbares Atemgeräusch	nicht vorhanden	3	4	7	10	24
	oberes Atemgeräusch	15	15	0	0	33
	unteres Atemgeräusch	1	1	0	0	3
	oberes und unteres Atemgeräusch	2	1	0	0	3
Gesamt		21	21	7	10	59

### 4.3.2. Kreislaufdaten

Direkt vor Beginn des Belastungstests wurden die Ruhedaten von Herz und Atmung auskultatorisch bestimmt und die Körpertemperatur gemessen. Die drei Parameter wurden direkt nach Belastung und nach 15-minütiger Erholung erneut erfasst.

#### 4.3.2.1. Atemfrequenz

Die Retromöpfe lagen mit einer durchschnittlichen Atemfrequenz von 30,9/Min. ( $\pm 2,09$ ) unterhalb des Durchschnittswertes der Möpfe. Die Atemfrequenz der Möpfe lag bei 51,7/Min. ( $\pm 5,55$ ) (Tab. 9). Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nicht festgestellt werden ( $p=0,135$ ) (Abb. 23).

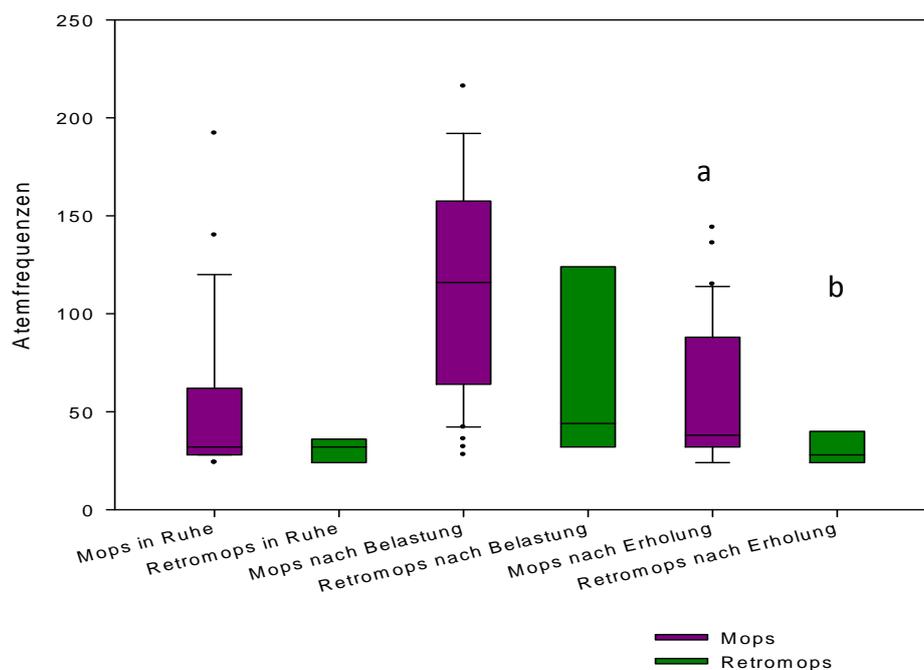
Direkt nach der Belastung stieg sowohl die Atemfrequenz der Retromöpfe als auch der Möpfe an. Die Retromöpfe erreichten eine Frequenz von 64,1/Minute ( $\pm 16,14$ ), die Möpfe hatten eine durchschnittliche Atemfrequenz von 102,9/Minute ( $\pm 8,60$ ) (Tab. 9). Ein signifikanter Unterschied zwischen den zwei Gruppen konnte nicht festgestellt werden ( $p=0,81$ ) (Abb. 23).

Die Atemfrequenz nach Erholung zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p<0,001$ ) zwischen den Retromöpfen und den Möpfen (Abb. 23). Der Retromops lag mit einer Atemfrequenz von 29,7/Minute ( $\pm 2,74$ ) deutlich unterhalb der

Atemfrequenz der Möpfe. Bei den Möpfen war eine Atemfrequenz von 54,5/Minute ( $\pm 5,44$ ) nachmessbar (Tab. 9).

**Tabelle. 9:** Übersicht über die Atemfrequenzen von Mops, Retromops und Beagle (N=Anzahl der Tiere; M=Mittelwert; SEM=Standardabweichung des Mittelwertes).

Rasse		Atemfrequenz in Ruhe (Züge/min)	Atemfrequenz nach Belastung	Atemfrequenz 15 min nach Belastung
Mops	N	42	40	40
	M	52,65	102,90	54,48
	SEM	5,55	8,60	5,44
Retromops	N	7	7	7
	M	30,86	64,14	29,71
	SEM	2,09	16,14	2,74
Beagle	N	10	10	10
	M	25,60	28,40	22,80
	SEM	1,07	1,51	0,85



**Abbildung 23:** Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich. Unterschiedliche Buchstaben (a, b) zeigen signifikante Unterschiede.

### 4.3.2.2. Herzfrequenz

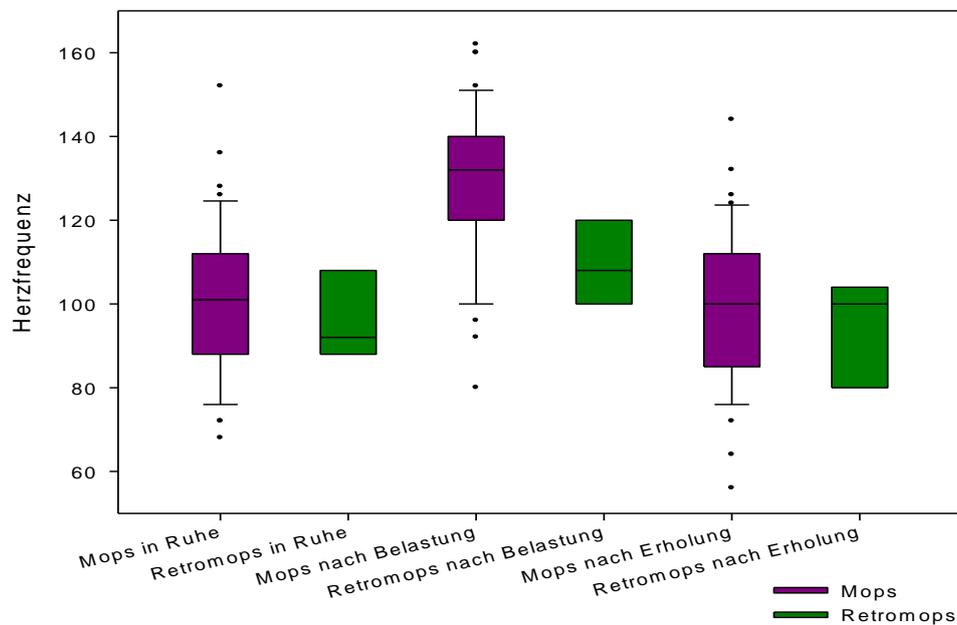
Im Hinblick auf die Herzfrequenz in Ruhe unterschieden sich Retromöpfe mit einer Frequenz von 96 bpm ( $\pm 4,94$ ) von den Möpsen mit einer Frequenz von 100,7 bpm ( $\pm 2,71$ ) kaum (Tab. 10). Ein signifikanter Unterschied zwischen Retromops und Mops konnte nicht festgestellt werden ( $p=0,523$ ) (Abb. 24).

Direkt nach Belastung zeigten beide einen Anstieg der Herzfrequenz. Bei den Retromöpsen stieg die Herzfrequenz auf 113,7 bpm ( $\pm 4,94$ ), bei den Möpsen auf 128 bpm ( $\pm 2,81$ ) (Tab. 10). Ein signifikanter Unterschied zwischen Retromops und Mops konnte nicht festgestellt werden ( $p=0,58$ ) (Abb. 24).

Beide Gruppen konnten sich in der Erholungsphase dem Ruhefrequenzwert wieder angleichen (Tab. 10 und Abb. 25). Die Herzfrequenzen sanken auf 98,7 bpm ( $\pm 3,00$ ) bei den Möpsen und auf 94 bpm ( $\pm 4,76$ ) bei den Retromöpsen (Tab. 10). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Retromops und Mops nachgewiesen werden ( $p=0,537$ ) (Abb. 24).

**Tabelle 10:** Übersicht über die Herzfrequenzen von Mops, Retromops und Beagle (N=Anzahl der Tiere, M=Mittelwert, SEM=Standardabweichung des Mittelwertes).

Rasse		Herzfrequenz (bpm)	Herzfrequenz nach Belastung	Herzfrequenz 15 min nach Belastung
Mops	N	42	40	40
	M	100,65	127,95	98,65
	SEM	2,71	2,81	3,00
Retromops	N	7	7	7
	M	96,00	113,71	94,00
	SEM	4,94	6,87	4,76
Beagle	N	10	10	10
	M	100,80	113,40	100,40
	SEM	5,59	6,04	8,27



**Abbildung 24:** Herzfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich.

#### 4.3.2.3. Körpertemperatur

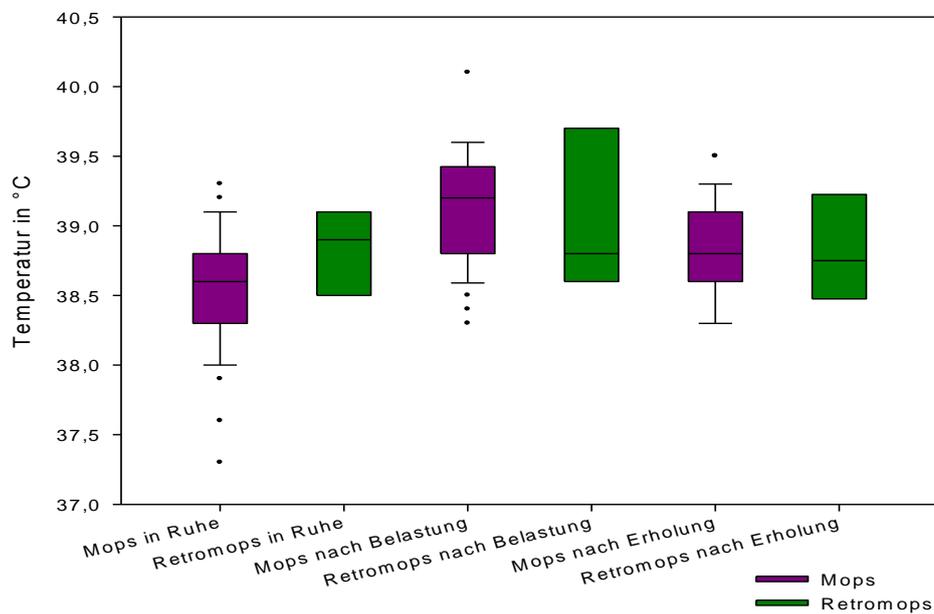
Sowohl Retromöpfe mit  $38,9^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,20$ ), als auch die Möpfe mit  $38,5^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,07$ ) hatten eine, im Normbereich befindliche Temperatur.

Direkt nach der Belastung konnte ein leichter Anstieg der Temperatur bei beiden Gruppen festgestellt werden. Die Temperatur der Retromöpfe stieg auf  $39,0^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,20$ ), die der Möpfe auf  $39,1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,06$ ) an (Tab. 11). Ein signifikanter Unterschied im Vergleich Retromops und Mops konnte nicht festgestellt werden ( $p=0,663$ ) (Abb. 25).

Die Temperatur sank nach 15-minütiger Erholung bei den Retromöpfen auf  $38,9^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,14$ ) und bei den Möpfen auf  $38,8^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,05$ ) ab (Tab. 11). Ein signifikanter Unterschied im Vergleich Retromops zu Mops konnte nicht festgestellt werden ( $p=0,746$ ) (Abb. 25).

**Tabelle 11:** Übersicht über die Körpertemperaturen von Mops, Retromops und Beagle (N=Anzahl der Tiere, M=Mittelwert, SEM=Standardabweichung des Mittelwertes).

Rasse		Körper- temperatur (°C) in Ruhe	Körper- temperatur nach Belastung	Körper- temperatur 15 min nach Belastung
Mops	N	42	40	40
	M	38,54	39,12	38,83
	SEM	0,07	0,06	0,05
Retromops	N	7	7	7
	M	38,90	39,04	38,87
	SEM	0,20	0,20	0,14
Beagle	N	10	10	10
	M	38,91	38,78	38,88
	SEM	0,10	0,11	0,10



**Abbildung 25:** Temperaturen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Mops Retromops im Vergleich.

### 4.3.3. Nasenlochindex

Der Kopf jedes Hundes wurde frontal fotografiert. Anhand der Bilder wurden die Nasenlöcher in Länge und Breite ausgemessen. Die Länge und Breite wurden in ein Verhältnis gesetzt und daraus der Nasenlochindex bestimmt.

Retromöpfe hatten im Durchschnitt einen Nasenlochindex von 0,18 ( $\pm 0,10$ ), die Möpfe von 0,13 ( $\pm 0,01$ ) (Tab. 12). Es gab keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,947$ ) des Nasenlochindex zwischen Retromops und Mops.

**Tabelle 12:** Übersicht Nasenlochindex von Mops, Retromops und Beagle (N=Anzahl der Tiere; M=Mittelwert; SEM=Standardabweichung des Mittelwertes).

Rasse		NLB/NLL
Mops	N	32
	M	0,13
	SEM	0,01
Retromops	N	5
	M	0,18
	SEM	0,10
Beagle	N	10
	M	0,74
	SEM	0,05

#### 4.3.4. Röntgenauswertungen

Zur Beurteilung der knöchernen Struktur des Kopfes wurden Röntgenbilder hergestellt. Es wurden zwei Aufnahmen des Schädels im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang angefertigt. Zur Auswertung wurden verschiedene Längen und Breiten gemessen und daraus Indices bestimmt. Ebenfalls wurde mit Hilfe der laterolateralen Schädelaufnahme der kraniofaziale Winkel gemessen. Anhand dieser erfassten Größen sollte die Stärke der Brachyzephalie von Möpfen und Retromöpfen eingestuft werden und die Länge der Nasenhöhle im Verhältnis zum Schädel beurteilt werden. Näheres zu den einzelnen Messpunkten siehe Kapitel 3.6.. Von den 42 untersuchten Möpfen konnten bei 40 Tieren Röntgenaufnahmen gemacht werden. Bei den Retromöpfen konnten von allen sieben untersuchten Hunden Röntgenaufnahmen angefertigt werden.

##### 4.3.4.1. Klassifizierung der Schädelformen

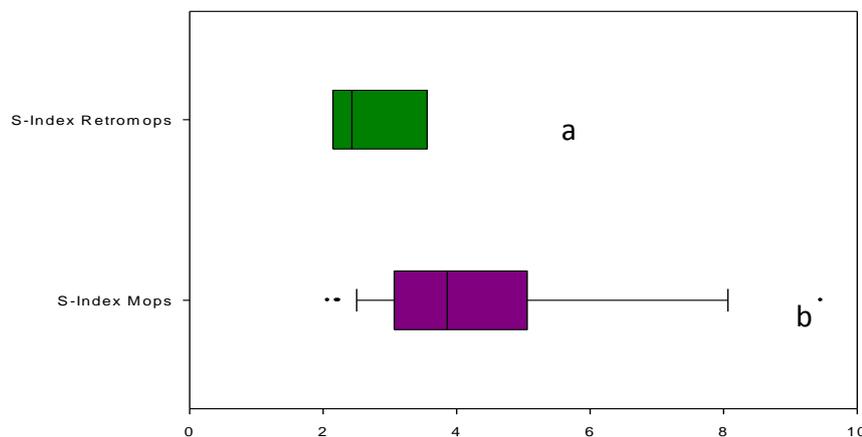
Zur Klassifizierung der Schädelform wurden der S-Index, der Längen-Breiten-Index (LBI) und der Schädelindex (SIE) bestimmt.

Die Möpfe hatten einen S-Index von 4,51 ( $\pm 0,35$ ), einen LBI von 1,18 ( $\pm 0,01$ )

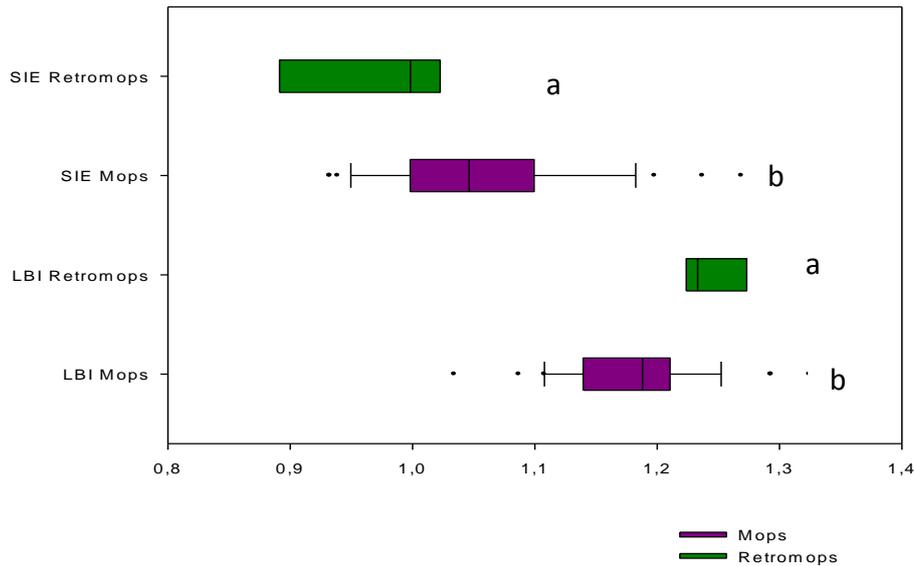
und einen SIE von 1,06 ( $\pm 0,01$ ). Die Retromöpfe hatten einen S-Index von 2,77 ( $\pm 0,28$ ), einen LBI von 1,22 ( $\pm 0,01$ ) und einen SIE von 0,96 ( $\pm 0,03$ ). Nach den Indices sind sowohl Retromöpfe, als auch Möpfe als brachyzephal einzustufen. Allerdings zeigte sich, dass die Retromöpfe im Vergleich zu den Möpsen signifikant weniger brachyzephal waren. In dem S-Index ( $p=0,003$ ) und in dem Schädelindex ( $p=0,004$ ) hatten die Retromöpfe signifikant niedrigere Werte und in dem Längen-Breiten-Index ( $p=0,008$ ) einen signifikant höheren Wert (Tab. 13 und Abb. 26, Abb. 27).

**Tabelle 13:** Vergleich Mops Retromops bezüglich der Indices zur Klassifizierung der Schädelform (N=Anzahl der Tiere; M=Mittelwert; SEM=Standardabweichung des Mittelwertes; <sup>1</sup>nach Bali; <sup>2</sup>nach Brehm, <sup>3</sup>nach Evans; (+) signifikant höher, (-) signifikant niedriger).

		Möpfe	Retromöpfe
		N 40	N 7
S-Index <sup>1</sup>	M	4,51	(-)2,77
	SEM	0,34	0,28
Längen-Breiten-Index <sup>2</sup>	M	1,18	(+)1,24
	SEM	0,01	0,01
Schädelindex <sup>3</sup>	M	1,06	(-)0,96
	SEM	0,01	0,03



**Abbildung 26:** S-Index zur Klassifizierung des Schädels von Mops und Retromops. Unterschiedliche Buchstaben (a, b) zeigen signifikante Unterschiede.



**Abbildung 27:** Schädelindex (SIE) und Längen-Breiten-Index (LBI) zur Klassifizierung des Schädels von Mops und Retromops. Unterschiedliche Buchstaben (a, b) zeigen signifikante Unterschiede.

#### 4.3.4.2. Proportionsberechnungen des Schädels

Im Verhältnis harter Gaumen zu der Nasenhöhlenlänge zeigten die Retromöpfe im Durchschnitt einen Wert von 1,05 ( $\pm 0,01$ ). Die Möpfe hatten einen durchschnittlichen Wert von 1,13 ( $\pm 0,01$ ). Die Retromöpfe hatten einen signifikant niedrigeren Wert ( $p < 0,001$ ) als die Möpfe (Tab. 14 und Abb. 28).

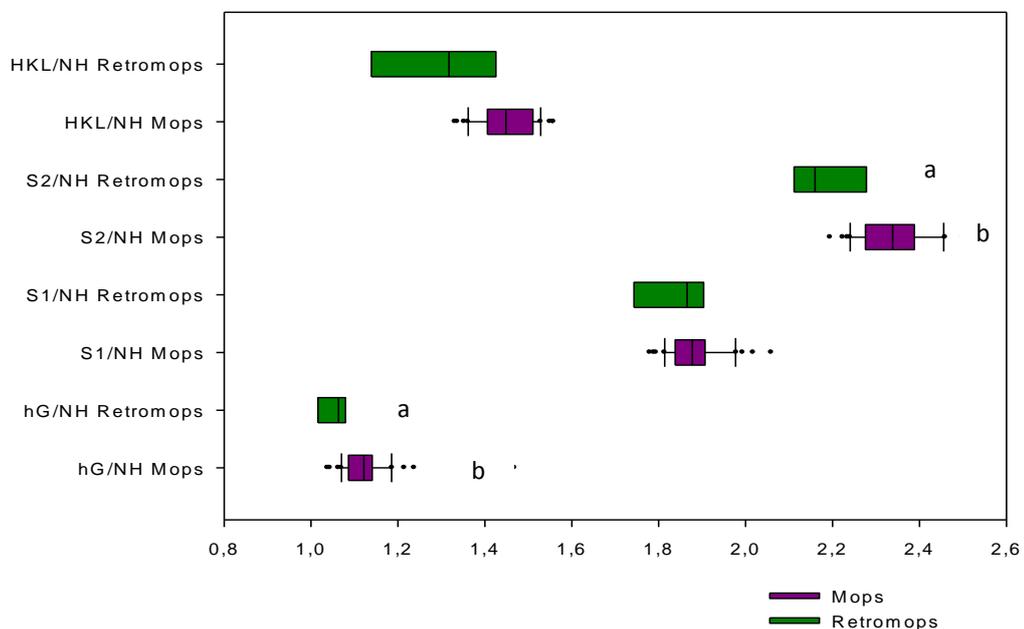
Im Verhältnis Schädellänge 1 zu der Nasenhöhlenlänge zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,8$ ) im Vergleich Retromops zu Mops. Die Retromöpfe zeigten einen Index von 1,83 ( $\pm 0,05$ ), die Möpfe von 1,88 ( $\pm 0,01$ ) (Tab. 14 und Abb. 28).

Die Retromöpfe hatten im Verhältnis von Schädellänge 2 zur Nasenhöhlenlänge einen Wert von 2,17 ( $\pm 0,05$ ), die Möpfe von 2,34 ( $\pm 0,01$ ). Es zeigte sich, dass der Retromops einen signifikant niedrigen Index ( $p < 0,001$ ) aufweist als der Mops (Tab. 14 und Abb. 28).

Für einen signifikanten Unterschied zwischen Retromops und Mops in Bezug auf das Verhältnis von Hirnkapsellänge zu Nasenhöhle reichte die Anzahl der Tiere nicht aus (Tab. 14 und Abb. 28).

**Tabelle 14:** Vergleich Mops zu Retromops bezüglich der Proportionsberechnungen des Schädels (N=Anzahl der Tiere; M=Mittelwert; SEM=Standardabweichung des Mittelwertes; (-) signifikant niedriger, (/) kein signifikanter Unterschied, (o) Anzahl der Tiere reichte für statistische Auswertung nicht aus).

		Möpfe	Retromöpfe
		N 40	N 7
harter Gaumen/Nasenhöhle	M	1,13	(-)1,05
	SEM	0,01	0,01
Schädellänge1/Nasenhöhle	M	1,88	(/)1,83
	SEM	0,01	0,05
Schädellänge2/Nasenhöhle	M	2,34	(-)2,17
	SEM	0,01	0,05
Hirnkapsellänge/Nasenhöhle	M	1,45	(o)1,28
	SEM	0,01	0,06



**Abbildung 28:** Indices zur Proportionsberechnung des Schädels von Mops und Retromops (NH=Nasenhöhlenlänge, hG=Länge harter Gaumen, S1 = Schädellänge 1, S2 = Schädellänge 2, HKL = Hirnkapsellänge). Unterschiedliche Buchstaben (a, b) zeigen signifikante Unterschiede.

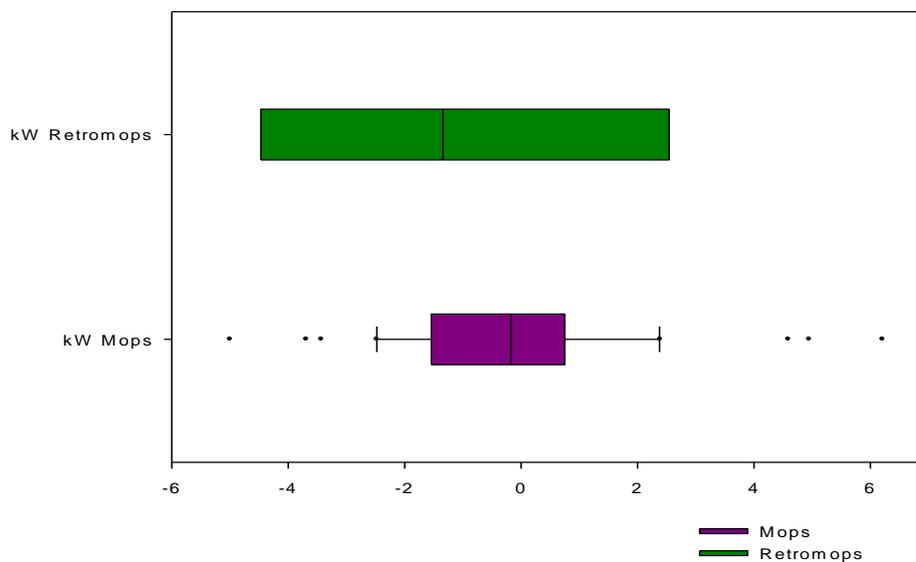
#### 4.3.4.3. Kraniofazialer Winkel

Für den kraniofazialen Winkel konnte im Vergleich Retromops zu Mops kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p=0,121$ ). Die Retromöpfe zeigten

im Durchschnitt ein Winkelmaß von  $-1,21 (\pm 1,55)$ , die Möpfe von  $-0,11 (\pm 0,35)$  (Tab. 15 und Abb. 29).

**Tabelle 15:** Vergleich Mops zu Retromops bezüglich des kraniofazialen Winkels (N=Anzahl der Tiere; M=Mittelwert; SEM=Standardabweichung des Mittelwertes, (/) kein signifikanter Unterschied).

		Möpfe	Retromöpfe
		N 40	N 7
kraniofazialer Winkel	M	-0,11	(/)-1,21
	SEM	0,35	1,55



**Abbildung 29:** Kraniofazialer Winkel von Mops und Retromops.

#### 4.4. Aussagekraft der Untersuchungsmethoden

Die durchgeführten Untersuchungsmethoden sollten auf ihre Aussagekraft bezüglich des Belastungstests überprüft werden. Möpfe, die nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. bestanden hatten, wurden zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Möpfe, die nicht bestanden hatten, wurden ebenfalls zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Gruppen wurden in den Punkten Kreislaufdaten in Ruhe, Nasenlochindex und Röntgenauswertung miteinander verglichen.

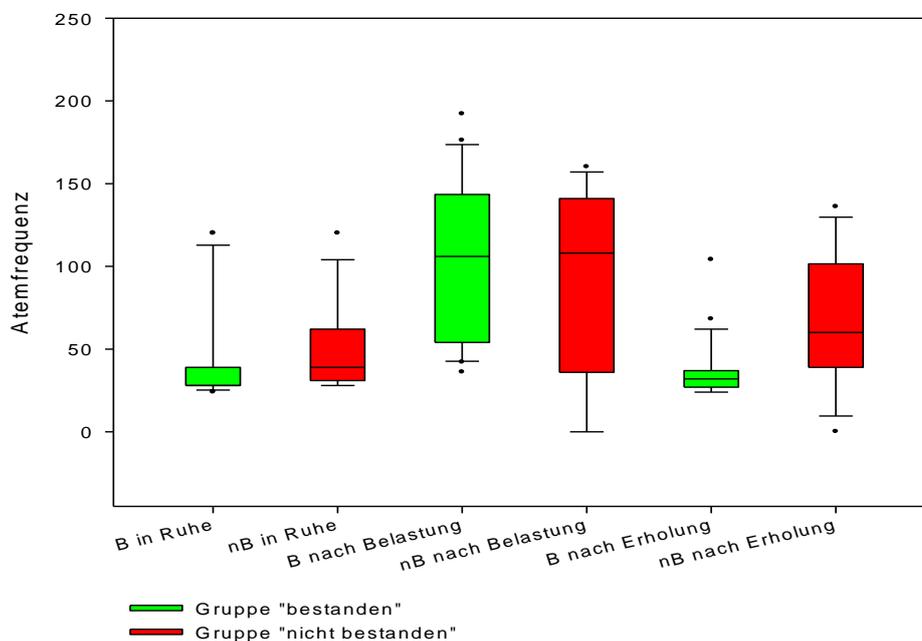
Zusätzlich wurden zwei Gruppen gebildet, die nach den Richtlinien des

Deutschen Mopsclubs e. V. inklusive der Ruhefrequenz der Atmung beurteilt wurden. Diese Gruppe „bestanden“ wurde in Bezug auf die Kreislaufdaten in Ruhe mit der Gruppe „nicht bestanden“ verglichen.

#### 4.4.1. Kreislaufdaten in Ruhe

Die nach Richtlinien des Mopsclubs beurteilten Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“ wurden miteinander verglichen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Atemfrequenz in Ruhe ( $p=0,074$ ) festgestellt werden (Abb. 30).

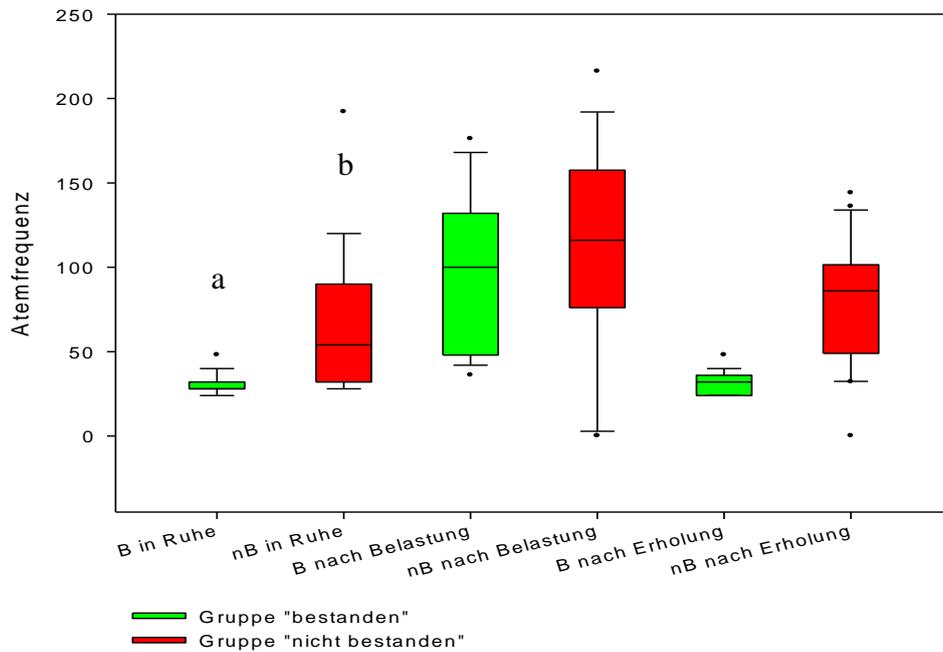
Die Herzfrequenz in Ruhe ( $p=0,697$ ) und die Körpertemperatur in Ruhe ( $p=0,846$ ) zeigten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede



**Abbildung 30:** Boxplot der Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Gruppe „bestanden“ (B) im Vergleich mit Gruppe „nicht bestanden“ (nB), beurteilt nach Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V..

Die Hunde wurden in die Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“ unter Einbeziehung der Ruhefrequenzen von Herz und Atmung eingeteilt. Diese Gruppen wurden ebenfalls in Bezug auf die Atemfrequenz in Ruhe verglichen (Abb. 31). Es zeigte sich, dass die Gruppe „bestanden“ eine signifikant niedrigere Atemfrequenz ( $p=0,006$ ) aufwies, als die Gruppe „nicht bestanden“.

Bei den Herzfrequenzen ( $p=0,762$ ) und der Körpertemperatur ( $p=0,474$ ) konnten in diesem Vergleich keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.



**Abbildung 31:** Atemfrequenzen vor, direkt nach und 15 Minuten nach Belastung, Gruppe „bestanden“ (B) im Vergleich mit Gruppe „nicht bestanden“ (nB), beurteilt nach den Ruhewerten. Unterschiedliche Buchstaben (a, b) zeigen signifikante Unterschiede.

#### 4.4.2. Nasenlochindex

Die Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“ (beurteilt nach Richtlinien des Mopsclubs) wurden in Bezug auf den Nasenlochindex miteinander verglichen. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,304$ ).

#### 4.4.3. Röntgenauswertung

Bei den Indices und den kraniofazialen Winkel wurden nur die Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“, beurteilt nach den Richtlinien des Mopsclubs, miteinander verglichen.

##### 4.4.3.1. Klassifizierung der Schädelformen

Die Gruppe „bestanden“ wurde in Bezug auf den Brachyzephaliegrad mit der

Gruppe „nicht bestanden“ verglichen.

Es gab keine signifikanten Unterschiede im S-Index ( $p=0,858$ ), Längen-Breiten-Index ( $p=0,677$ ) oder Schädelindex ( $p=0,858$ ).

#### **4.4.3.2. Proportionsberechnungen des Schädels**

Die Auswertungen der Länge der Nasenhöhle im Verhältnis zu vier Längen des Schädel ergab im Vergleich der Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“ keine signifikanten Unterschiede (Längen harter Gaumen zu Nasenhöhle  $p=0,349$ , Schädel 1 zu Nasenhöhle  $p=0,203$ , Schädel 2 zu Nasenhöhle  $p=0,312$ , Hirnkapsel zu Nasenhöhle  $p=0,331$ ).

#### **4.4.3.3. Kraniofazialer Winkel**

Die Gruppen „bestanden“ und „nicht bestanden“ wurden in den Werten des kraniofazialen Winkels miteinander verglichen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,439$ ).

## **5. DISKUSSION**

### **5.1. Kritik an der Methode**

Ziel dieser Studie war es, zu untersuchen, ob der Belastungstest geeignet ist Möpfe zu erkennen, die mit dem brachycephalen Atemnotsyndrom assoziierte Probleme haben. Dafür wurden 42 Möpfe einem standardisierten Belastungstest unterzogen. Eine weitere Frage dieser Studie war, zu klären, inwieweit eine mäßigere brachycephale Kopfform sich auf den Leistungszustand des Hundes auswirkt. Zu diesem Zweck wurden sieben Retromöpfe der gleichen Belastung unterzogen wie die Möpfe. Ebenfalls wurden zehn Beagle einer adäquaten Belastung ausgesetzt, um die Reaktion eines mesozephalen Hundes zu untersuchen.

Die Standardisierung der Belastung wurde damit erreicht, die Hunde auf einem Laufband laufen zu lassen. Das Laufband wurde auf eine konstante Geschwindigkeit von 1,50 bis 1,52 m/s eingestellt. Nach elf Minuten hatten die Tiere eine Wegstrecke von 990 bis 1003 m zurückgelegt. Bei der Durchführung des Belastungstests auf Veranstaltungen des Deutschen Mopsclubs e. V. wird eine Wegstrecke von 1000 m im Gelände abgesteckt. Für die Hunde ist das Laufen im Gelände nicht ungewohnt. Das Laufen auf einem Laufband bedurfte einer Gewöhnung. Es zeigte sich aber, dass sowohl die Möpfe, als auch die Retromöpfe sich außerordentlich schnell an das Laufband gewöhnen ließen. Von den 47 Möpsen sind 42 schon nach wenigen Minuten auf dem Band gelaufen. Ebenso liefen alle sieben Retromöpfe nach kurzer Gewöhnung auf dem Laufband. Die Beagle waren aufgrund einer anderen Untersuchung schon an ein Laufband gewöhnt.

Die Messung von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Temperatur war zu jedem Zeitpunkt ohne Probleme durchführbar.

Um die Situation der Atemwege der Hunde darstellen zu können, wurden anhand von Röntgen- und Fotoaufnahmen die Raumverhältnisse gemessen. Um die Öffnung der Nasenlöcher zu beurteilen, wurden Frontalaufnahmen der Hundeköpfe fotografiert. Anhand der Fotos wurden die Nasenlochlänge und -breite gemessen und aus den zwei Größen der Nasenlochindex bestimmt. Aufgrund der schwarzen Hundenase konnten die Anfänge der Nasenlöcher nicht

immer identifiziert werden.

Die Anfertigung der Röntgenaufnahmen war gut durchführbar. Bei der Messung des kraniofazialen Winkels konnte der Sulcus chiasmatis auf dem Röntgenbild nicht eindeutig identifiziert werden. Der harte Gaumen zeigte bei fast allen Tieren eine leicht konkave Wölbung nach dorsal auf. Dies machte das Ziehen der Geraden zur Winkelbestimmung schwierig. Die Messstrecken zur Proportionsberechnung des Schädels wurden von OECHTERING et al. (2007) übernommen. Da OECHTERING et al. (2007) die Schädel computertomographische untersuchte, mussten einige Messpunkte für die Auswertung anhand von Röntgenbildern anders definiert werden. Für die Schädellänge 1 wurde statt der ventralsten Stelle des Foramen magnum der rostrale Punkt des Condylus occipitalis gewählt. Dieser ist röntgenologisch sichtbar und gibt die gleiche Entfernung wieder. Auf Röntgenaufnahmen ist der dorsale Rand des Foramen magnum nicht sichtbar. Deshalb wurde von dem dorsokaudalen Ende der Condylen und des ventrokaudalen Endes des Okkziputs, den benachbarten Strukturen, aus gemessen. Die Punkte zur Längenmessung der Nasenhöhle, des harten Gaumens und der Schädellänge 2 konnten übernommen werden. Das Gleiche galt für die Punkte der anderen Längen- und Breitenmessungen. Die Längen und Breiten konnten gut anhand der Röntgenbilder gemessen und anschließend die Indices bestimmt werden.

Zur Beurteilung möglicher Stenosen wurden die oben genannten Methoden gewählt, da sie ohne Anästhesie durchführbar waren. Eine eindeutigere Aussage über die Verhältnisse der Strukturen der Atemwege wäre mit Hilfe endoskopischer Untersuchung möglich gewesen. Bei den Schädelmessungen hätten die Messpunkte des Schädels, mittels Computertomographie, genauer erfasst werden können. Im Hinblick auf eine Narkose oder Sedierung der Hunde, konnten keine Möpse für die Studie akquiriert werden. Die Besitzer waren nicht bereit, ihre Hunde, aufgrund des erhöhten Narkoserisikos bei brachyzephalen Rassen, zur Verfügung zu stellen.

## **5.2. Beagles**

Von den zehn Beagles die einen Belastungstest absolvierten, hat ein Beagle den Belastungstest nicht bestanden. Grund dafür war ein deutlich erhöhte

Herzfrequenz von 172 bpm nach 15minütiger Erholung im Vergleich zur Ruhefrequenz von 76 bpm. Die Atemfrequenz lag in Ruhe und nach Erholung bei 20 Atemzügen pro Minute. Der Beagle war die Umgebung gewohnt und an das Laufen auf dem Laufband trainiert. Es gab keinen Grund für eine aufregungsbedingte Erhöhung des Herzschlages. Da in der Erholungsphase eine Erhöhung der Herzfrequenz ebenfalls vermieden werden sollte, wurden die Beagle in den 15 Minute nicht wieder zu ihren Artgenossen zurückgebracht, sondern verblieben mit den Untersuchenden im Laufbandraum. Für diesen Beagle war wohl, dieses für ihn ungewohnte Verfahren, Grund für einen höheren Erregungslevel. Diese Aufregung spiegelte sich in der erhöhten Herzfrequenz nach Erholung wieder.

### **5.3. Vergleich Mops zu Retromops**

Bei dem Vergleich zwischen Retromops und Mops muss bedacht werden, dass die Daten von Möpsen, die bestanden und jenen, die nicht bestanden haben zusammenfließen.

#### **5.3.1. Atemgeräusche**

Bei der Auskultation der Hunde war ein signifikanter Unterschied zwischen Retromops und Mops bezüglich der Atemgeräusche feststellbar. Von 42 untersuchten Möpsen zeigten 35 Hunde ein Atemgeräusch. Wenn man die zwei Hunde abzieht, von denen bekannt war, dass sie unter Symptomen des BAS leiden, bleiben noch 33 Hunde übrig. 33 Möpse, die von ihren Besitzern als gesunde Hunde betrachtet wurden und teilweise den Belastungstests des Deutschen Mopsclubs schon bestanden hatten. Der inspiratorische Stridor gilt als führendes klinisches Symptom des BAS (KOCH et al., 2009). Bei keinem der sieben vorgestellten Retromöpfe war ein Atemgeräusch feststellbar. Auskultatorisch konnten also keine stenotischen Veränderungen diagnostiziert werden.

#### **5.3.2. Ruhewerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur**

Ein signifikanter Unterschied zwischen Mops und Retromops war in den Ruhefrequenzen von Herz und Atmung nicht feststellbar. Ebenso wurde kein

signifikanter Unterschied bei der Körpertemperatur in Ruhe festgestellt. Ausgehend von einer normalen Frequenz der Atmung in Ruhe zwischen 10 und 30 Atemzügen pro Minute (SUTER und KOHN, 2006) lässt sich sagen, dass die Retromöpse mit einer durchschnittlichen Atemfrequenz von 30,9/Min. ( $\pm 2,09$ ) noch an der oberen Grenze des Normbereichs liegen. Mit einer durchschnittlichen Atemfrequenz von 51,7/Min. ( $\pm 5,55$ ) lagen die Möpfe weit über dem Normbereich.

Der Normbereich für die Herzfrequenz liegt für kleine Hunderassen zwischen 90 und 160 bpm (SUTER und KOHN, 2006). Sowohl die Möpfe mit einem Durchschnitt von 100,7 bpm ( $\pm 2,71$ ), als auch die Retromöpse mit einem Durchschnitt von 96 bpm ( $\pm 4,94$ ) lagen in diesem Bereich.

In den durchschnittlichen Körpertemperaturen lagen die Möpfe mit  $38,5^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,07$ ) minimal unter und die Retromöpse mit  $38,9^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,20$ ) in dem, in der Literatur angegebenen Normbereich von  $38,6^{\circ}\text{C}$  bis  $39,4^{\circ}\text{C}$  (SUTER und KOHN, 2006).

### **5.3.3. Belastungswerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur**

Die Herzfrequenz stieg bei den Möpsen im Durchschnitt auf 128 bpm ( $\pm 2,81$ ), bei den Retromöpsen auf 113,7 bpm ( $\pm 4,94$ ) an. Ein signifikanter Unterschied in diesem Vergleich konnte nicht gesehen werden.

Auch die Atemfrequenz war bei den Möpsen nach der Belastung höher. Die Möpfe hatten eine durchschnittliche Atemfrequenz von 102,9/Minute ( $\pm 8,60$ ), die Retromöpse von 64,1/Minute ( $\pm 16,14$ ). Statistisch allerdings konnte kein signifikanter Unterschied im Vergleich gesehen werden. Es ist davon auszugehen, dass die Standardabweichung, aufgrund von einigen extrem hohen Frequenzen der Mopsgruppe, zu hoch war.

Die Temperatur stieg ebenfalls bei Möpsen auf  $39,1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,06$ ) und bei Retromöpsen auf  $39,0^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,20$ ) an.

Ein Anstieg der Herz- und Atemfrequenz war, aufgrund des vermehrten Sauerstoffbedarfs des Körpers, zu erwarten. Ebenso die Erhöhung der Körpertemperatur durch vermehrte Aktivität der Muskeln (KLINKE und SILBERNAGL, 2003).

### **5.3.4. Erholungswerte von Herz, Atmung und Körpertemperatur**

Die Werte von Herz- und Atemfrequenz nach Erholung waren entscheidend für das Bestehen des Belastungstests (DEUTSCHER MOPSClub e.V.). 22 Möpfe konnten ihre Herz- und Atemfrequenz in 15 Minuten wieder normalisieren. Sie haben den Test bestanden. 14 Möpfe haben den Test nicht bestanden (genaue Aufgliederung siehe 4.1.). Alle sieben Retromöpfe haben den Belastungstest bestanden. Der Durchschnittswert der Atemfrequenz lag bei 29,7/Minute ( $\pm 2,74$ ), für die Möpfe bei 54,5/Minute ( $\pm 5,44$ ). Die Retromöpfe hatten eine signifikant niedrigere Atemfrequenz. Dem Retromops gelang es sein, durch die körperliche Belastung entstandenes Sauerstoffdefizit innerhalb der Erholung auszugleichen und somit seine Atemfrequenz wieder in den Normbereich zu erniedrigen. Bezüglich der Herzfrequenzen zeigte sich zwischen Retromops und Mops kein signifikanter Unterschied. Die Herzfrequenz sank im Mittel auf 98,7 bpm ( $\pm 3,00$ ) bei den Möpfen und auf 94 bpm ( $\pm 4,76$ ) bei den Retromöpfen. Auch die Körpertemperatur nach Erholung zeigte keinen signifikanten Unterschied. Die Temperatur sank sowohl bei den Möpfen, als auch bei den Retromöpfen. Der Mittelwert lag bei 38,8°C ( $\pm 0,05$ ) für den Mops und 38,9°C ( $\pm 0,14$ ) für den Retromops.

### **5.3.5. Röntgen**

#### **5.3.5.1. Klassifizierung der Schädelform**

Zur Klassifizierung der Schädelform diente der S-Index (BALI; 2004), der LBI (BREHM et al., 1985), der Schädelindex (EVANS et al., 1993) und der kraniofaziale Winkel (REGODON et al., 1993). Bei den Möpfen betrug der S-Index 4,51 ( $\pm 0,35$ ), der LBI 1,18 ( $\pm 0,01$ ) und der Schädel-Index 1,06 ( $\pm 0,01$ ) im Durchschnitt. Die Retromöpfe hatten im Mittel ein S-Index von 2,77 ( $\pm 0,28$ ), ein LBI von 1,22 ( $\pm 0,01$ ) und einen Schädelindex von 0,96 ( $\pm 0,03$ ). Laut den Referenzwerte aus der Literatur (brachyzephal wenn: S-Index  $>0,8$ , LBI annähernd 1, Schädelindex  $\geq 0,81$ ) sind beide Schädelformen als brachyzephal anzusehen (BALI, 2004; BREHM et al., 1985; EVANS et al., 1993). Diese Einteilung war bei Möpfen und Retromöpfen zu erwarten. Interessant waren der S-Index und der Schädel-Index im Vergleich von Retromops zu Mops. Diese Indices beinhalten die Länge des Schädels und des Gesichtsschädels. Je länger der

Gesichtsschädel (S-Index), beziehungsweise der Schädel (Schädelindex) ist, desto niedriger werden die Indices. Die Indices hatten einen signifikant niedrigeren Wert bei den Retromöpsen, als bei den Möpsen. So bleibt die Kopfform des Retromopses weiterhin als brachyzephal einzustufen, er nähert sich aber der Grenze zum mesozephalen Schädel. Die Retromöpfe hatten einen signifikant höheren LBI, also einen breiteren Hirnschädel, als die Möpse. Betrachtet man den LBI der mesozephalen Schädel, der zwischen 1,38 und 1,48 liegt (BREHM et al.; 1985), wird auch hier sichtbar, dass der Retromops sich näher an der Grenze zu mesozephal befindet.

Liegen die Werte des Winkels zwischen  $9^\circ$  und  $14^\circ$ , so werden die Schädel als brachyzephal klassifiziert. Der Mops wurde bei der Ermittlung dieses Bereiches nicht mit einbezogen (REGODON et al., 1993). In einer anderen Studie wurde bei Möpsen ein Winkelmaß zwischen  $4^\circ$  und  $13^\circ$  festgestellt (SCHMIDT et al., 2011). Wie oben bereits erwähnt, war die Bestimmung des kraniofazialen Winkels problematisch. Sowohl bei den Möpsen, als auch bei den Retromöpsen ergab die Messung ein negatives Winkelmaß. Weder REGODON et al. (1993), noch SCHMIDT et al. (2011) hatten in ihren Messungen ein negatives Winkelmaß. Die Vertrauenswürdigkeit der Werte ist anzuzweifeln.

### 5.3.5.2. Proportionsberechnungen des Schädels

Um Proportionsunterschiede innerhalb der brachyzephalen Schädelformen verdeutlichen zu können, wurde die Länge der Nasenhöhle jeweils in ein Verhältnis zu der Länge des harten Gaumens, zwei unterschiedlich gemessenen Längen des Schädel und der Länge der Hirnkapsel gesetzt (OECHTERING et al., 2007). Für das Verhältnis harter Gaumen zu Nasenhöhle ergab sich ein signifikant niedrigerer Index ( $p < 0,001$ ) für die Retromöpfe (1,053;  $\pm 0,01$ ), als für die Möpse (1,128;  $\pm 0,01$ ). Einen signifikant niedrigeren Index ( $p < 0,001$ ) konnte auch für das Verhältnis Schädellänge 2 zu Nasenhöhlenlänge bei den Retromöpsen (2,166;  $\pm 0,05$ ) im Vergleich zu den Möpsen (2,341;  $\pm 0,01$ ) festgestellt werden. Es kann die Aussage getroffen werden, dass der Retromops eine längere Nasenhöhle im Verhältnis zum Schädel hat, als der Mops. Kein signifikanter Unterschied konnte im Vergleich Retromops (1,828;  $\pm 0,05$ ) zu Mops (1,882;  $\pm 0,01$ ) bezüglich des Verhältnisses Schädellänge 1 zu Nasenhöhlenlänge gesehen werden. Für einen signifikanten Unterschied bei dem Vergleich der Hunde bezüglich des

Verhältnisses Hirnkapsellänge zu Nasenhöhlenlänge reichte die Anzahl der Tiere nicht aus. In dieser Studie wurden, laut Wissensstand der Autorin, diese Proportionsberechnungen zum ersten Mal an gesunden Möpsen durchgeführt. OECHTERING et al. (2007) führte diese Berechnung an BAS erkrankten Möpsen, Französischen Bulldoggen und Englischen Bulldoggen durch.

### **5.3.6. Nasenlochindex**

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Retromops und Mops in dem Nasenlochindex gesehen werden. Retromöpfe hatten im Durchschnitt einen Nasenlochindex von 0,1806 ( $\pm 0,10$ ), die Möpfe von 0,1281 ( $\pm 0,01$ ). Laut Wissensstand der Autorin wurde in der vorliegenden Studie erstmals die Nasenlochbreite in ein Verhältnis zur Nasenlochlänge gesetzt. Entsprechende Referenzwerte für den Nasenlochindex konnten demnach in der Literatur nicht gefunden werden. Ein Beispiel für ein weit geöffnetes Nasenloch eines mesozephalen Hundes können die ermittelten Werte der Beagles liefern. Der Nasenlochindex hatte bei den Beagles im Durchschnitt einen Wert von 0,74 ( $\pm 0,05$ ). Ideengeber zur Bestimmung des Nasenlochindex war eine Studie von ROSASPINA (2005). In dieser wurde die Größe des Nasenloches durch das Verhältnis der Breite eines Nasenloches zur Hälfte des Nasenspiegels definiert. Die Vermessung fand anhand von Fotografien statt. Ein Problem war, die Anfänge der Nasenlöcher in der schwarzen Hundenase zu bestimmen. Diese Problematik kann bestätigt werden.

## **5.4. Aussagekraft der Untersuchungsmethoden**

### **5.4.1. Kreislaufdaten in Ruhe**

Vergleicht man die Gruppe „bestanden“ (nach Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e.V.) mit der Gruppe „nicht bestanden“ hat sich bezüglich der Ruhewerte von Atmungsfrequenz, Herzschlag und der Körpertemperatur kein signifikanter Unterschied ergeben. Wird die Entscheidung nach Beurteilung von den Ruhefrequenzen von Herz und Atmung getroffen, ändert sich zum einen die Zahlen der Gruppen an sich, zum anderen zeigt sich eine signifikant höhere Atemfrequenz in der Gruppe „nicht bestanden“ im Vergleich zur Gruppe

„bestanden“. Die Atemfrequenz in Ruhe lässt folglich eine Aussage über das Ergebnis des Belastungstests zu. Als Ursache für die erhöhte Atemfrequenz in Ruhe kann eine verminderte Sauerstoffzufuhr gesehen werden. Entsteht im Körper ein vermehrter Sauerstoffbedarf, reagiert dieser mit einer Erhöhung der Atemfrequenz (KLINKE und SILBERNAGL, 2003). Der Grund für eine verminderte Sauerstoffzufuhr kann in einem verminderten Luftdurchfluss, bedingt durch Stenosen der oberen Atemwege, liegen. Auch muss bedacht werden, dass mit der Steigerung der Atemfrequenz und somit vermehrter Luftzirkulation durch die Nasenhöhlen eine Abkühlung des Körpers stattfand (SCHMIDT-NIELSEN et al., 1970). Es kann davon ausgegangen werden, dass Tiere mit einer erhöhten Atemfrequenz in Ruhe bereits eine Sauerstoffschuld kompensieren. Eine Belastung verstärkt die Sauerstoffschuld und somit die Erhöhung der Atemfrequenz. Das Erreichen einer physiologischen Atemfrequenz innerhalb von 15 Minuten Erholung gelang keinem der Möpfe mit gesteigerter Ruheatemfrequenz, sofern diese überhaupt bis zum Ende der Belastung durchhielten.

Eine gestörte Thermoregulation der brachycephalen Möpfe (OECHTERING et al., 2010) konnte in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Da sich aber im Vergleich der Gruppen bezüglich der Körpertemperatur kein signifikanter Unterschied ergab, scheint die Körpertemperatur keine Aussagekraft über das Ergebnis des Belastungstests zu haben. Bei der Herzfrequenz konnten ebenfalls kein signifikanter Unterschied gesehen werden.

#### **5.4.2. Röntgen**

Bei keinem der ermittelten Indices und auch nicht bei der Auswertung des kraniofazialen Winkels konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe „bestanden“ und der Gruppe „nicht bestanden“ nachgewiesen werden. Die in dieser Studie vorgenommenen Messungen und die daraus resultierenden Indices, sowie die Bestimmung des kraniofazialen Winkels eignen sich somit nicht, eine Vorhersage über das Ergebnis des Belastungstests zu machen.

#### **5.4.3. Nasenlochindex**

Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Nasenlochindex der

Gruppe „bestanden“ und der Gruppe „nicht bestanden“. Die Bestimmung des Nasenlochindex eignet sich nicht zur Beurteilung, ob Hunde den Test bestehen oder nicht.

### **5.5. Schlussbetrachtung**

Der Retromops ist aufgrund seiner Kopfform als brachyzephal einzustufen. Es zeigte sich aber, dass die sieben untersuchten Retromöpfe sich im S-Index, Längen-Breiten-Index und Schädelindex mehr an den mesozephalen Bereich annäherten, folglich weniger brachyzephal als die Möpfe waren. Auch zeigte sich in den Proportionsberechnungen, dass sie im Vergleich mit andere Schädelgrößen eine längere Nasenhöhle als die Möpfe besitzen. Diese Tatsache könnte auch die Erklärung dafür sein, dass bei keinem der Retromöpfe auskultatorisch ein Atemgeräusch festgestellt werden konnte. Die signifikant niedrigere Atemfrequenz nach Erholung zeigt, dass sich die Tiere besser von körperlicher Belastung regenerierten. Die längere Nase im Verhältnis zu dem Schädel scheint dafür eine griffige Erklärung zu sein. Es kann aber keine allgemeingültige Aussage für alle Retromöpfe getroffen werden. Dafür war die Anzahl von sieben Retromöpfen zu gering. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass mit einer anatomisch gesünderen Kopfform signifikant weniger Atemgeräusche auftreten und die Chance den Belastungstest zu bestehen, signifikant steigt. Die Selektion auf etwas „mehr Schnauze“ ist somit der erste Schritt zurück zu gesünderen Hunden.

Ergänzend kann noch gesagt werden, dass das Erscheinungsbild der Retromöpfe, subjektiv beurteilt, mopstypisch war. Die Besitzer bestätigten, dass ihre Hunde ebenso den typischen Mopscharakter zeigten.

Die Erwartungen, dass Möpfe, die den Belastungstest nicht bestehen einen stärkeren Brachyzephaliegrad aufweisen, konnte nicht erfüllt werden. Ebenso konnte die Erwartung, deutlich engere Nasenöffnungen bei Hunden der Gruppe „nicht bestanden“ vorzufinden, nicht erfüllt werden. Über einen Nachweis einer Hypoxie im Körper durch einen VEGF Anstieg im Blut konnte in dieser Studie keine Aussage gemacht werden. Die Ergebnisse der Untersuchung waren nicht verwertbar.

Zutreffend war die Annahme, dass Möpse, die den Belastungstest nicht bestehen, verglichen mit Möpsen, die bestehen, eine höhere Atemfrequenz in Ruhe haben. Die Aussagekraft über die Ruhfrequenz der Atmung bezüglich einer Vorhersage ist somit bestätigt. Bezüglich der Herzfrequenz und Körpertemperatur in Ruhe ist die Annahme widerlegt worden. Zudem sieht man an dem Beispiel des Beagles, dass die Herzfrequenz auch durch Aufregung steigen kann.

Die Aussagekraft des Belastungstests kann weder bestätigt, noch widerlegt werden. Mit den gewählten Untersuchungsmethoden konnten die Ursachen des brachyzephalen Atemnotsyndroms nicht diagnostiziert werden. Es bleibt fraglich, ob die Tiere, die nicht bestanden haben an BAS leiden. Dennoch muss hier noch einmal verdeutlicht werden, dass eine Wegstrecke von einem Kilometer für jeden gesunden Hund keine große Belastung darstellt. Eine Erholung von Herz- und Atemfrequenz innerhalb von 15 Minuten sollte daher kein Problem sein. Es zeigte sich aber, dass von 42 Möpsen 14 den Belastungstest nach den Richtlinien des Deutschen Mopsclubs e. V. nicht bestanden haben. Das ergibt eine Durchfallquote von 33,3%. Betrachtet man die Ruhewerte der Atemfrequenz, fallen sieben Möpse mit einer erhöhten Frequenz auf. Von diesen hielten fünf Möpse die 11-minütige Belastung nicht durch und konnten sich innerhalb von 15 Minuten nicht erholen. Zwei Möpse hielten zwar die Belastung durch, waren aber nach 15 Minuten immer noch über dem physiologischen Normbereich für die Atemfrequenz. Zählt man die sieben zur Gruppe „nicht bestanden“, steigt die Durchfallquote auf 52,4%. Das bedeutet, dass über die Hälfte der Möpse, die zur Zucht eingesetzt werden sollten, sich als zuchtuntauglich erweisen. Eine erschreckend hohe Zahl dafür, dass die Zahl der Mopswelpen sich in den letzten Jahren vervierfacht hat (VDH, 2010). Die Einführung des Belastungstests zeigt ein erstes Überdenken der jetzigen Situation des Mopses. Ein Handeln, welches der Vererbung von gesundheitlichen Problemen, verursacht durch übertriebene Zucht auf Brachycephalie, Einhalt gebieten soll. Fraglich ist, ob ein konsequent beurteilter Belastungstest allein ausreicht.

Seit Juni 2009 ist der FCI-Rassestandard für den Mops geändert worden. Dort aufgeführt ist: „Nasenschwamm: Schwarz mit ziemlich großen weit geöffneten Nasenlöchern. Zusammengedrückte Nase und starke Faltenbildung auf dem Nasenrücken sind unakzeptabel und sollten schwer bestraft werden“ (FCI-RASSESTANDARD Nr. 253). Die untersuchten Möpse erfüllten die

Anforderungen an die Nasenlöcher nicht (Nasenlochindex: Mops 0,13 ( $\pm 0,01$ ), Beagle 0,74 ( $\pm 0,05$ )). Bei den untersuchten Möpsen waren auch Zuchthunde dabei. Auch wenn diese ihre Zuchttauglichkeit vor Juni 2009 nach dem alten Standard erlangt haben, muss doch bedacht werden, dass sie ihr Erscheinungsbild vererben. Im Rassestandard steht geschrieben: „Fang: Ziemlich kurz, stumpf, quadratisch, nicht aufgebogen. Augen oder Nase sollen niemals nachteilig beeinträchtigt oder von Falten auf dem Nasenrücken verdeckt sein“ (FCI-RASSESTANDARD Nr. 253). Durch eine brachyzepale Schädelform ist die Nase aber grundsätzlich in ihrer Funktion nachteilig beeinträchtigt. Anatomische Strukturen werden auf kleinstem Raum zusammengepresst (NÖLLER et al., 2006 OECHTERING et al, 2007). Dadurch kommt es zu Obstruktionen und Stenosen der Atemwege, welche die Funktion der Nase deutlich einschränken (HARVEY, 1982; AARON, 1985; WYKES, 1991; KOCH, 2003; RIECKES, 2007). Der Standard für die Rasse Mops sollte zugunsten einer gesünderen Schädelform überdacht werden. Die Ergebnisse der untersuchten Retromöpfe belegen, dass eine Verlängerung des Gesichtsschädels (des Fangs) deutlich zu einem gesünderen Hund beiträgt. Eine Umformulierung von „ziemlich kurz“ in „kurz, aber deutlich erkennbarer Fang“ ist sinnvoll.

Zugunsten gesunder Nachkommen, sollten Möpse mit übertrieben brachyzepalem Erscheinungsbild von der Zucht ausgeschlossen werden. Das gilt sowohl für die zurzeit eingesetzten Zuchthunde, als auch für zukünftige Generationen. Es ist die Pflicht und die Verantwortung des Menschen, dafür zu sorgen, Nachkommen zu züchten, die frei von Leiden sind. Bei dem stark brachyzepalen Erscheinungsbild des Mopses ist zu bezweifeln, dass schon die nächsten Generationen einen deutlich verbesserten Gesundheitsstatus haben. Um das Vorkommen des brachyzepalen Atemnotsyndroms und das damit verbundene Leiden bei Möpsen möglichst schnell zu minimieren, wäre zu Überlegen, dies genetisch durch Einkreuzen einer Fremdrasse mit gut ausgebildeter Schnauze zu erzielen.

### **5.6. Empfehlungen zur Durchführung des Belastungstests**

Zur Unterstützung des Vorhabens, gesunde Möpse zu züchten, werden Empfehlungen für die Durchführung des Belastungstests gegeben. Sie basieren auf den in dieser Studie gesammelten Erfahrung und Ergebnissen. Bevor der

Mops einer Formwertbeurteilung und einem Wesenstest unterzogen wird, sollte der Belastungstest absolviert werden. Nur Hunde, die den Belastungstest bestehen, sollten für die weiteren Schritte zur Anerkennung der Zuchttauglichkeit zugelassen werden. Es sollte überdacht werden, Hunde, die vor der Einführung des Belastungstest zuchttauglich gesprochen wurden, weiterhin zur Zucht zuzulassen. Es ist bekannt, dass durch primäre Stenosen (HARVEY, 1982; AARON, 1985; WYKES, 1991; KOCH, 2003; RIECKES, 2007), bedingt durch einen verstärkten inspiratorischen Unterdruck, sekundäre Engstellen in den Atemwegen entstehen. Dieses Geschehen führt wiederum zu vergrößertem inspiratorischen Unterdruck und zur weiteren Verengung der Atemwege (AARON, 1985; KOCH et al., 2003). Das bedeutet, dass die Probleme des brachyzephalen Atemnotsyndroms sich im Laufe des Hundelebens verstärken. Man kann also nicht ausschließen, dass Hunde, die mit einem Jahr noch frei von Atemproblemen sind, Monate oder Jahre später nicht an BAS leiden werden. OECHTERING et al. (2007) stellten fest, dass Möpse meist in den ersten beiden Lebensjahren an BAS erkranken. Daher wird empfohlen, dass Mindestalter auf zwei Jahre anzuheben.

Bei Möpsen, die den Belastungstest absolvieren, muss darauf geachtet werden, die Ruhfrequenz des Herzens nicht zu verfälschen. Es ist zu vermuten, dass die Hunde durch die unbekannte Situation bei dem Belastungstest und/oder durch das Zusammentreffen mit Artgenossen und Besitzern, eine erhöhte Herzfrequenz haben (SUTER und KOHN, 2006). Während des Belastungstests sind die Hunde mit ihrem Besitzer wieder allein, das Erregungslevel sinkt und somit auch die Herzfrequenz. Dies kann zu einer niedrigeren Herzfrequenz direkt nach Belastung als vor der Belastung führen. Daher wird dringend empfohlen, die Möpse vor der Ersterfassung von Herz- und Atemfrequenz zu separieren. Die Untersuchung sollte in einem separaten Raum stattfinden. Dem Hund sollte die Möglichkeit gegeben werden, sich an die Räumlichkeit und die Situation zu gewöhnen. Nach den Erfahrungen, die die Autorin sammeln konnte, gewöhnen sich Möpse schnell an unbekannte Umgebungen und Situationen. Aufgrund der aufregungsbedingten Herzfrequenzsteigerung sind die Hunde auch während der Erholungsphase zu separieren. Sinnvoll wäre es, den Ort der Erstkontrolle von dem Ort der Kontrolle nach Belastung räumlich zu trennen. Praktisch würde dies bedeuten, einen Startpunkt und in einem Kilometer Entfernung einen Zielpunkt einzurichten. Das

bedeutet ebenfalls, dass zur Abnahme des Belastungstests zwei Tierärzte benötigt werden.

Laut Vorgabe des Deutschen Mopsclubs ist die Gangart, in der die Tiere die Strecke zurücklegen, nicht vorgeschrieben. So ist es nicht selten, dass die Hunde die Strecke zum Teil im Schritt, mit kurzen Phasen im Galopp, zurücklegen und sogar teilweise kurzfristig stehen bleiben. Der Organismus wird so nicht ausdauernd belastet. Durch einen langsamen Schritt oder einem Stillstand kann es während des Tests zu Erholung von Herz- und Atemfrequenz kommen. Es ist erforderlich die Gangart vorzuschreiben, in der die Wegstrecke von einem Kilometer zurückgelegt wird. Empfohlen wird als Gangart der Trab.

In dieser Untersuchung liefen die Möpfe bei einer Geschwindigkeit zwischen 1,50 und 1,52 m/s einen mittleren bis schnellen Trab. Um die Geschwindigkeit unter Praxisbedingungen möglichst konstant zu halten, könnte es hilfreich sein, alle hundert Meter eine Markierung aufzustellen und die Besitzer mit einer Stoppuhr loszuschicken. Die Geschwindigkeit, die eingehalten werden muss, ist leichter abschätzbar, wenn die nächste Markierung in etwa einer Minute erreicht werden muss.

In der Studie wurde festgestellt, dass Tiere, die den Belastungstest nicht bestanden haben, eine signifikant höhere Atemfrequenz aufwiesen, als jene die bestanden. Es wird daher empfohlen Möpfe mit einer Atemfrequenz, die in Ruhe schon über dem physiologischen Normbereich liegt, als nicht bestanden zu werten. Möpfe, die nach Erholung nicht wieder im physiologischen Referenzbereich der Atemfrequenz liegen, können nicht frei von Atemproblemen sein.

Da sich im Vergleich von Möpsen der Gruppe „bestanden“ zur Gruppe „nicht bestanden“ in Bezug auf die Röntgenindices keine signifikanten Unterschiede zeigten, liegt der Schluss nah, dass die knöchernen Strukturen nicht allein für die brachyzepale Problematik verantwortlich sind. Um die Weichteilsituation besser beurteilen zu können, wäre eine endoskopische und/oder computertomographische Untersuchung der Tiere notwendig. Da es sich um Eingriffe handelt, die unter Narkose durchgeführt werden müssen, sollte in einer weiteren wissenschaftlichen Untersuchung geklärt werden, ob die endoskopische und/oder computertomographische Untersuchung zusätzlich zum Belastungstest geeignet ist, die Vorhersehbarkeit des Auftretens eines brachyzepalen

Atemnotsyndroms zu erhöhen.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund der übertriebenen Zucht auf Kurzköpfigkeit (Brachycephalie) haben sich die Probleme des brachyzephalen Atemnotsyndroms (BAS) beim Mops verschlimmert. Um diesem Geschehen entgegen zu wirken, führte der Deutsche Mopsclub e. V. (DMC) 2009 einen Belastungstest ein. Um die Zuchttauglichkeit zu erlangen, müssen die Möpse diesen, neben einer Formwertbeurteilung und einem Wesenstest, absolvieren. Der Belastungstest besteht darin, eine Wegstrecke von einem Kilometer in maximal elf Minuten zu laufen. Die Wegstrecke kann in einer beliebigen Gangart gelaufen werden. Er gilt als bestanden, wenn sich die Frequenzen von Herz und Atmung nach spätestens 15 Minuten Erholung wieder normalisiert haben.

In der vorliegenden Studie ist die Aussagekraft des Belastungstests bezüglich des brachyzephalen Atemnotsyndroms untersucht worden. Zu diesem Zweck wurden 42 Möpse einem standardisierten Belastungstest unterzogen. Zudem wurden sieben Retromöpfe, Möpse mit einem Fremdassenanteil, untersucht, um eventuelle Unterschiede bei der brachyzephalen Problematik zu finden. Die Möpse und Retromöpfe liefen auf einem Laufband bei einer Geschwindigkeit zwischen 1,50 und 1,52 m/s. Nach elf Minuten hatten sie eine Wegstrecke zwischen 990 und 1003 m zurückgelegt. Um Vergleichswerte einer normozephalen Rasse zu bekommen, wurden des Weiteren zehn Beagle einer adäquaten Belastung unterzogen. Die Beagle liefen auf einem Laufband bei einer Geschwindigkeit von 1,91 m/s in acht Minuten und 42 Sekunden eine Strecke von 1000 m. Zur Abklärung des Allgemeinzustandes wurden die Hunde vorab untersucht und ein Blutbild, sowie Organprofil angefertigt. Vor, direkt nach und 15 Minuten nach dem Belastungstest wurden Herzfrequenz, Atemfrequenz und Körpertemperatur gemessen. Nach den Vorgaben des DMC, die sich auf die Normalisierung der Frequenzen nach Erholung beziehen, haben den Test 22 Möpse bestanden, 14 sind durchgefallen und sechs haben vorzeitig abgebrochen. Alle sieben Retromöpfe haben bestanden. Von den zehn Beagles haben neun bestanden und einer ist durchgefallen. Davon ausgehend, dass Hunde mit Stenosen und Obstruktionen der oberen Atemwege bereits in Ruhe Atem- und Herzfrequenzen über dem physiologischen Normbereich aufweisen, wurden die Hunde aufgrund ihrer Ruhfrequenz beurteilt. Nach dieser Bewertung haben 20

Möpfe den Test bestanden, 21 sind durchgefallen. Ein Mops hat vorzeitig abgebrochen. Bei den Retromöpfen und Beagles änderte sich das Ergebnis nicht. Um Veränderungen der oberen Atemwege zu ermitteln, wurden Untersuchungsmethoden gewählt, die am wachen Hund leicht durchführbar waren. Bei der klinischen Untersuchung wurde das Vorhandensein von Atemgeräuschen erfasst. Anhand von Fotografien des Nasenspiegels wurde der Nasenlochindex bestimmt, um die Weite der Nasenlöcher zu untersuchen. Mittels Röntgenaufnahmen der Köpfe wurden Messungen zur Klassifizierung der Schädelform und Proportionsberechnungen durchgeführt. Durch die Untersuchung des vaskulären endothelialen Wachstumsfaktors (VEGF) im Blut sollte eine eventuell vorhandene Hypoxie nachgewiesen werden. Ein weiterer Schwerpunkt der Studie war es, die gewählten Untersuchungsmethoden auf ihre Aussagekraft bezüglich des Belastungstestergebnisses zu untersuchen.

Im Vergleich Mops zu Retromops zeigte sich, dass der Retromops zwar als Hund mit brachyzephaler Schädelform zu klassifizieren ist, aber aufgrund seiner Schädelproportionen weniger brachyzephal ist als der Mops. Der Retromops hatte einen signifikant niedrigeren S-Index ( $p=0,003$ ) und Schädel-Index ( $p=0,004$ ) und einen signifikant höheren Längen-Breiten-Index ( $p=0,008$ ) als der Mops. Im Verhältnis harter Gaumen zur Nasenhöhlenlänge ( $p<0,001$ ) und Schädelhöhe 2 zu Nasenhöhlenlänge ( $p<0,001$ ) zeigten die Retromöpfe ebenfalls signifikant niedrigere Werte als der Mops. Die Retromöpfe im Vergleich zu den Möpsen hatten signifikant weniger Atemgeräusche ( $p<0,001$ ) und eine signifikant niedrigere Atemfrequenz ( $p<0,001$ ) nach 15 Minuten Erholung. Die Vermutung liegt nahe, dass die weniger brachyzephalere Schädelform der Retromöpfe dafür verantwortlich ist. Bei den Frequenzen von Herz und Atmung sowie bei der Körpertemperatur zeigten sich in Ruhe und direkt nach Belastung keine signifikanten Unterschiede. Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede in der Herzfrequenz und Körpertemperatur nach Erholung sowie im Vergleich der Werte des Nasenlochindex.

Eine Aussagekraft bezüglich des Belastungstestergebnisses konnte für die Vermessungen des Schädels anhand von Röntgenbildern nicht bestätigt werden. Ebenso lässt sich anhand des Nasenlochindex und der Herzfrequenz und Körpertemperatur in Ruhe keine Aussage treffen. Eine Aussagekraft besaß die Atemfrequenz in Ruhe. Möpse mit einer erhöhten Atemfrequenz in Ruhe gelang

es nicht, ihre Atemfrequenz in 15-minütiger Erholung wieder zu normalisieren und somit den Belastungstest zu bestehen.

Die Ergebnisse des VEGF-Nachweises mittels ELISA waren nicht verwertbar.

In der Studie konnte nicht sicher geklärt werden, ob die untersuchten Hunde an BAS leiden. Aufgrund des erhöhten Narkoserisikos wurde auf Untersuchungsmethoden, wie Endoskopie und Computertomographie, verzichtet. So kann eine Aussagekraft des Belastungstests, Hunde zu erkennen die unter Problemen des BAS leiden weder bestätigt, noch widerlegt werden. Durch die gesammelten Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse können jedoch Empfehlungen zur künftigen Durchführung des Belastungstests an den Deutschen Mopsclub e. V. gerichtet werden. Die Zucht von Möpsen mit deutlich längerer Nase ist zu befürworten.

## 7. SUMMARY

### **Significance of a physical stresstest for pugs concerning problems that are associated with the brachycephalic airway syndrome.**

Because of the excessive breeding for shorthedness (brachycephaly), the problems of brachycephalic airway syndrome (BAS) of pugs have increased as well. In order to counteract this development, the “Deutscher Mopsclub e. V.” (DMC) established a physical stresstest in 2009. To be classified as suitable for breeding, the pugs have to pass this stresstest, a conformation grading and a character test successfully. For the physical stresstest, the pugs have to walk a distance of 1 kilometer within 11 minutes or less with the gait being optional. The test has been passed when heart rate and respiratory rate have returned to within a normal range after 15 minutes of recovery.

In the present study, the significance of the physical stresstest concerning the brachycephalic airway syndrome is examined. For this purpose, 42 pugs had to pass a standardized physical stresstest. In addition, seven retro-pugs, pugs with a portion of foreign breed, were examined to explore possible differences regarding brachycephalic problems. Pugs and retro-pugs were made to run on a treadmill at a speed of 1.50 to 1.52 m/s. After 11 minutes they had covered a distance of 990 to 1003 meters. To obtain reference values of a normocephalic breed, ten beagles also had to pass an adequate physical stresstest. The beagles were made to run on a treadmill and covered a distance of 1000 m in eight minutes and 42 seconds at a speed of 1.91 m/s. Before the test, the dogs were examined and their general health status was determined by conducting a blood count and an examination of the organs. Heart rate, respiratory rate and body temperature were measured before, directly after and 15 minutes after the stresstest. According to the guidelines of the DMC, which refer to the normalization of the rates after recovery, 22 pugs passed the test, 14 pugs did not pass and 6 pugs stopped prematurely. The 7 retro-pugs and 9 beagles passed the test, 1 beagle did not pass. Taking into account that dogs with stenoses and obstructions of the upper respiratory tract have respiratory rates and heart rates above the normal physiological range even in the state of rest, the dogs were assessed on the basis of their rates in the state of rest. According to this, 20 pugs passed the test, 21 did not pass and one stopped prematurely. Retro-pugs and beagles showed the same

results. In order to detect changes of the upper respiratory tract, examination methods were used, which were easy to carry out on the awake dog. During clinical examination, the presence of respiratory sounds was registered. By using photographs of the nose leather, the nostril index was determined in order to examine the size of the nostrils. By means of x-ray images of the heads, measurements for the classification of the skull shape and calculations of the proportions were performed. By determining the vascular endothelial growth factor (VEGF) a possibly existing hypoxia was to be proved. Another focus of the study was to determine the significance of the applied examination techniques regarding the results of the stresstest.

Comparing pug and retro-pug, it was found that the retro-pug has to be classified as a dog having a brachycephalic skull shape but, due to his skull proportions he is considered to be less brachycephalic than the pug. The retro-pug showed a significantly lower S index ( $p=0.003$ ) and skull index ( $p=0.004$ ) and a significantly higher length to width index ( $p=0.008$ ) than the pug. Comparing the ratio of hard palate to length of the nasal cavity ( $p<0.001$ ) and length of the skull 2 to length of the nasal cavity ( $p<0.001$ ) the measured values of the retro-pugs were significantly lower than those of the pugs. After 15 minutes of recovery, the respiratory rate of the retro-pugs was significantly lower ( $p<0.001$ ) than that of the pugs and significantly less retro-pugs had a breathing noise ( $p<0.001$ ). It is obvious that the less brachycephalic skull shape of the retro-pugs is the reason for this effect. Significant differences in heart rate, respiratory rate and body temperature in the state of rest and directly after physical stress could not be detected. Significant differences in heart rate and body temperature after recovery and in nostril index values were not detectable either.

A significance regarding the stresstest results for the measurements of the skull by using x-ray images could not be confirmed. Concerning the nostril index, the heart rate and the body temperature in the state of rest, no reliable statement can be made either. However, the respiratory rate in the state of rest was significant. Pugs which had an increased respiratory rate in the state of rest were not able to normalize their respiratory rate within 15 minutes of recovery and therefore did not pass the physical stresstest.

The results of the VEGF-detection by means of ELISA could not be utilized.

---

The study was not able to unequivocally clarify whether dogs suffer from BAS. Because of the higher anesthetic risk, examination methods such as endoscopy and computer tomography were not carried out. Thus the significance of the physical stresstest in detecting dogs which suffer from BAS can be neither validated nor invalidated. However, due to the experience gathered and the results of the study, recommendations for future implementation of the physical stresstest can be made to the “Deutscher Mopsclub e. V.”. The breeding of pugs with significantly longer noses deserves support.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

**ALARCÓN T und PAGE KM (2007).** Mathematical models of the VEGF receptor and its role in cancer therapy. *J. R. Soc. Interface* 4, 283-304.

**ARON DN, CROWE DT (1985).** Upper airway obstruction. General principles and selected conditions in the dog and cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 15(5):891-917.

**BALLI, A. (2004).** Teil A: Radiologische Methode zur Klassifizierung der Schädeltypen und Beurteilung des Brachycephaliegrades beim Hund, Teil B: Rhinomanometrische Parameter bei gesunden Hunden mit unterschiedlichem Brachycephaliegrad (Dissertation). Klinik für Kleintierchirurgie. Zürich, Universität Zürich.

**BREHM H, LOEFFLER K, KOMEYLI H (1985).** Schädelformen beim Hund. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol.* 14, 324-331, 1985 Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, ISSN 0340-2096.

**BREVES G und VON ENGELHARDT W (2005).** Wärmebilanz und Thermoregulation. In: *Physiologie der Haustiere*. 1.Auflage. Enke Verlag in MVS Medizinverlage GmbH und Co.KG – Stuttgart: 454-455. ISBN: 3-8304-1039-5.

**BROGI E, WU T, NAMIKI A, ISNER JM (1994).** Indirect angiogenic cytokines upregulate VEGF and bFGF expression in vascular smooth muscle cells, whereas hypoxia upregulates VEGF expression only. *Circulation* 90:649–652.

**DE LORENZI D, BERTONCELLO D, DRIGO M (2009).** Bronchial abnormalities found in a consecutive series of 40 brachycephalic dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 235:835–840.

**DRAKE AG und KLINGENBERG CP (2008).** The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St. Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275: 71–76.

**DRAKE AG und KLINGENBERG CP (2009).** Large-Scale Diversification of Skull Shape in Domestic Dogs: Disparity and Modularity Faculty of Life Sciences, University of Manchester. *The American Naturalist*, Vol. 175, No. 3 (March 2010), pp. 289-301.

**EICHLER J (1988).** Einführung in die Technik der Rhinomanometrie. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH.

**ELLENBERGER W, BAUM H, GRAU H (1977).** Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, In: Kopf der Fleischfresser, 18th. Berlin: Springer-Verlag; 117–119.

**EVANS HE (1993).** Millers' anatomy of the dog. Philadelphia, WB Saunders Company.

**FASANELLA F J., SHIVLEY J M, WARDLAW J L, GIVARUANGSAWAT S (1991–2008).** Brachycephalic airway obstructive syndrome in dogs: 90 cases. *JAVMA*, Vol 237, No. 9, November 1, 2010 1048-51.

**HARVEY CE (1982).** Upper airway obstruction surgery: 1, stenotic nares surgery in brachycephalic dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*; 18: 535–537.

**HARVEY CE (1982).** Upper airway obstruction surgery: 2, soft palate resection in brachycephalic dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*;n18: 538–544.

**HEINICKE KTH, WENGER RH, GASSMANN M (2002).** Die zelluläre Antwort auf Sauerstoffmangel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* Jahrgang 53, Nr.10, 270 -276.

**HUEBER JP (2009).** Impulsoszillometrische Untersuchung des intranasalen Atemungswiderstandes vor und nach laserassistierter Turbinektomie zur Therapie des Brachyzephalen Atemnotsyndroms beim Hund. (Dissertation) Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig, Leipzig.

**KÖNIG HE und LIEBICH HG (2001).** Skelett des Kopfes. In: *Anatomie der Haussäugetiere Band I*. 2.Auflage. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart – New York: 30-72. ISBN: 3-7945-2153-6.

**KÖNIG HE und LIEBICH HG (2002).** Atmungsapparat. In: *Anatomie der Haussäugetiere Band II*. 2.Auflage. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart – New York: 81-102. ISBN: 3-7945-2154-4.

**KOCH DA, ARNOLD S, HUBLER M, MONTAVON PM (2003).** Brachycephalic Syndrome in Dogs. *Compendium* 25[1], 48-55.

**LORINSON D, BRIGHT RM, WHITE RS (1997).** Brachycephalic airway obstructive syndrome—a review of 118 cases. *Canine Pract* ;22(5–6):18–21.

**NAD N (2004).** Nasaler Widerstand beim Hund: Reproduzierbarkeit der Rhinomanometrie. (Dissertation) Zürich: Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich.

**NÖLLER C, HUEBER J, AUPPERLE H, SEEGER J, OECHTERING T H, NIESTROCK C, OECHTERING G U.** New aspects of brachycephalia in dogs and cats basics: Insights into Embryology, Anatomy and Pathophysiology, Leipzig, Germany Brachycephalia.com; Zugriffsdatum: 29.01.2012.

**OECHTERING TH, OECHTERING GU, NÖLLER C (2007).** Structural characteristics of the nose in brachycephalic dog breeds analysed by computed tomography. *Tieraerztl Prax*; 35: 177-87.

**OECHTERING GU (2010).** Das Brachyzephalensyndrom – Neue Informationen zu einer alten Erbkrankheit. *Veterinary Focus* Vol 20, No 2.

**REGODON S (1993).** Craniofacial angle in dolicho-, meso- and brachycephalic dogs: radiological determination and application. *Anat Anz* 175(4): 361-3.

**RIECKS TW, BIRCHARD SJ, STEPHENS JA (1991–2004).** Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases. *J Am Vet Med Assoc* 2007; 230: 1324–1328.

**ROSASPINA M (2005).** Beobachtungen am oberen Atemapparat bei einer Population von Norwich-Terriern, (Dissertation), Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich.

**SCHMIDT MJ, NEUMANN AC, AMORT KH, FAILING K, KRAMER M (2011).** Cephalometric measurements and determination of general skull type of Cavalier King Charles Spaniels. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, Vol. 52, No. 4, pp 436–440.

**SCHMIDT-NIELSEN K, BRETZ WL, TAYLOR CR (1970).** Panting in dogs: unidirectional air flow over evaporative surfaces. *Science*; 169(3950):1102-4.

**SHIMA DT, ADAMIS AP, FERRARA N, YEO KT, YEO TK, ALLENDE M, FOLKMAN J, D'AMORE PA (1995).** Hypoxic induction of vascular endothelial cell growth factors in the retina: identification and characterization of vascular endothelial growth factor (VEGF) as the sole mitogen. *Mol Med* 2:64–71.

**SHWEIKI D, ITIN A, SOFFER D, KESHET E (1992).** Vascular endothelial growth factor induced by hypoxia may mediate hypoxia-initiated angiogenesis. *Nature* 359:843–845.

**TILLEY LP, BURTNICK N UND EGNER B (2006).** EKG made Easy. 2.Auflage. BE VetVerlag, Babenhausen: 24. ISBN 3-938274-12-3.

**VELDHUIS CA (1997).** Der Mops. 3.Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin – Wien: 9-16. ISBN: 3-8263-8461-X.

**VENKER- VAN HAAGEN AJ (2005).** HNO bei Hund und Katze. 1. Auflage. Schlütersche Praxisbibliothek. ISBN: 978-3-89993-016-0.

**WENK J (2004).** Zeitlicher Verlauf von Vascular Endothelial Growth Factor und Erythropoietin nach kurzer physischer Belastung und bei meso- und brachyzephalen Hunden. (Dissertation), Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich.

**WESSLING I (2011).** Mops, Auswahl, Haltung, Erziehung, Beschäftigung. 1.Auflage. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.KG, Stuttgart: 7-9. ISBN: 978-3-440-12527-4.

**WYKES PM (1991).** Brachycephalic airway obstructive syndrome. Probl Vet Med; 3:188–197.

**Internetquellen:**

[www.vdh.de](http://www.vdh.de); Zugriffsdatum 26.08.2011

[www.mopsclub.de](http://www.mopsclub.de); Zugriffsdatum 08.04.2011

[www.brachycephalia.com](http://www.brachycephalia.com); Zugriffsdatum 29.01.2012

[www.retro.mops.de](http://www.retro.mops.de); Zugriffsdatum 15.10.2011

## 9. DANKSAGUNG

An erster Stelle möchte Herrn Prof. M. H. Erhard für die Überlassung des Themas, die Hilfe bei der Planung und die freundliche Unterstützung meines Dissertationsprojektes danken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Angela Bartels für ihre freundliche und kompetente Betreuung, ihre Hilfe bei der Erstellung des Konzepts, ihre Korrekturen sowie die jederzeit gewährte Unterstützung.

Frau Prof. U. Matis möchte ich für die Unterstützung und die Möglichkeit zur Nutzung der Räumlichkeiten und des Laufbandes der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik danken.

Dem gesamten Team der Radiologie der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik möchte ich für die Mithilfe bei den Röntgenaufnahmen danken, insbesondere Herrn Dr. Andreas Brühshwein für die Hilfe bei den Auswertungen der Röntgenaufnahmen.

Herrn PD Dr. Sven Reese vom Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der LMU München danke ich für die kompetente Betreuung und Beratung bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials.

Frau Dr. Britta Dobenecker aus dem Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik möchte ich für die Bereitstellung der Beagles danken, besonders danken möchte ich auch Frau Daniela Zollner für die Unterstützung bei der praktischen Arbeit mit den Beagles.

Mein Dank geht an den Deutschen Mopsclub e. V. für die finanzielle Unterstützung des Dissertationsthemas, besonders erwähnt seien hier Inge und Wolfgang Weßling für ihre Unterstützung und Mithilfe bei der Akquise der Möpse.

Allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene danke ich für ihre Hilfsbereitschaft und das freundliche Arbeitsklima, insbesondere möchte ich Frau Nicole Zobel danken, die mir bei allen Laborarbeiten mit Rat und Tat zur Seite stand, Herrn Christian Strobl danken, der

mich durch die Wirrungen der Computerwelt führte.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Frau Dr. Stephanie Steigmeier bedanken. Deine Unterstützung hat den praktischen Teil der Studie erst möglich gemacht, deine Aufmunterungen und Hilfen haben ihn am Laufen gehalten. Der Dank geht auch an Herrn Dr. Andreas Raith für die Hilfsbereitschaft zu jeder Zeit.

Frau Monika Katzer möchte ich für die Unterstützung bei der Akquise der Retromöpfe danken.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Mutter und meiner Familie bedanken. Ohne euren Rückhalt, Hilfe und Unterstützung wären weder das Studium noch die Dissertation möglich gewesen. Vielen Dank!

Bei Susi, Christine und Thomas möchte ich mich für mein zweites zu Hause in München, für die Aufmunterungessen, das Zuhören und und und... ganz herzlich bedanken.

Vielen Dank an meine Freunde, an Andrea, Katrin, Natalie und viele andere für das Beseitigen kleiner und großer Probleme, das Korrekturlesen, das Wiederaufbauen, das kräftige Anschubsen und vieles mehr. Danke, dass es euch gibt!

Dem gesamten Team der Kleintierpraxis Stix möchte ich herzlich danken. Durch euch hat sich mein Wunsch Tiermedizin zu studieren gefestigt, ihr habt mich während des Studiums nicht allein gelassen und mich geduldig in der Zeit der Dissertation ertragen.

Danke auch an meine Vierbeiner, die mich vor meinem Laptop nie alleine sitzen gelassen und mit ihren Pfoten manchmal intelligenter Sätze als ich geschrieben haben.

Zu guter Letzt: ein großes Dankeschön geht an alle Hunde und ihre Halter für die Teilnahme an der Studie.

---

**10. DECLARATION ON OATH /  
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

I hereby declare, on oath, that I have written the present dissertation by my own and have not used other than the acknowledged resources and aids.

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

München, den 27.03.2012

(Unterschrift im Originalexemplar enthalten.)