

**Aus der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Untersuchung zum Einfluss des Zungenbandes
auf die oberen Atemwege des Pferdes unter
Belastungsendoskopie bei Rennpferden**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von
Anne Troppenz
Tierärztin aus Berlin**

**Berlin 2022
Journal-Nr.: 4332**

Aus der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Untersuchung zum Einfluss des Zungenbandes auf die oberen Atemwege des
Pferdes unter Belastungsendoskopie bei Rennpferden**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

Doktors der Veterinärmedizin

an der

Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Anne Troppenz

Tierärztin

aus Berlin

Berlin 2022

Journal-Nr.: 4332

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Heidrun Gehlen
Zweiter Gutachter: PD Dr. Marianne Skrodzki
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):
horses, racehorses, tongue, larynx, pharynx, breath, respiration

Tag der Promotion: 26.06.2022

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<https://dnb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-96729-170-4

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2022

Dissertation, Freie Universität Berlin

D188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2022 Choriner Str. 85 - 10119 Berlin
verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Abkürzungsverzeichnis	XI
1. Einleitung.....	1
2. Literatur	3
2.1 Anatomie.....	3
2.1.1 Der Pharynx des Pferdes	3
2.1.2 Der Larynx des Pferdes	6
2.1.3 Die Physiologie des Pharynx und Larynx von Pferden	9
2.2 Erkrankungen des Pharynx	10
2.2.1 Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP)	10
2.2.2 Follikuläre pharyngeale Hyperplasie	17
2.2.3 Pharynxkollaps.....	18
2.3 Erkrankungen des Larynx.....	19
2.3.1 Recurrent laryngeal neuropathy (RLN)	19
2.3.2 Epiglottisentrapped	21
2.3.3 Axiale Deviation der <i>Plica aryepiglottica</i>	23
2.3.4 Retroversion der Epiglottis.....	24
2.4. Diagnostik der Erkrankungen von Pharynx und Larynx.....	24
2.4.1 Diagnostik der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels.....	24
2.4.2 Diagnostik der follikulären pharyngealen Hyperplasie	28
2.4.3 Diagnostik des Pharynxkollapses	28
2.4.4 Diagnostik der Recurrent laryngeal neuropathy.....	29
2.4.5 Diagnostik Epiglottisentrapped.....	35
2.4.6 Diagnostik Axiale Deviation der <i>Plica aryepiglottica</i>	35
2.4.7 Diagnostik der Epiglottis-Retroversion	35
2.5 Therapie der oberen Atemwegserkrankungen	36
2.5.1 Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP).....	36
2.5.1.1 Konservative Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels	36
2.5.1.2 Chirurgische Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels	39
2.5.2 Therapie der follikulären Hyperplasie der Pharynxschleimhaut.....	43
2.5.3 Therapie des Pharynxkollaps.....	44

2.5.4 Therapie der Recurrent laryngeal neuropathy	44
2.5.5 Therapie des <i>Epiglottis</i> -Entrapments	53
2.5.6 Therapie der <i>axialen Deviation</i> der <i>Plica aryepiglottica</i>	55
2.5.7 Therapie der <i>Epiglottis</i> -Retroversion.....	56
2.6. Endoskopie der oberen Atemwege.....	57
2.6.1 Prävalenz häufiger dynamischer Störungen	58
2.6.2 Overground Endoskopie	60
2.6.3 Vergleich Overgroundendoskopie mit Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie	61
2.6.4 Validität von Untersuchungsergebnissen der Endoskopie	62
2.6.5 Auswirkung der Endoskopie auf die Behandlung oberer Atemwegsstörungen	62
2.6.6 Einfluss der Positionierung des Endoskopes auf die oberen Atemwege	63
2.7 Das Zungenband und seine Anwendung am Pferd	64
2.7.1 Prävalenz der Zungenbandanwendung	64
2.7.2 Anwendungsgründe für das Zungenband (Effekt auf die oberen Atemwege)	66
2.7.3 Einfluss des Zungenbandes auf das Wohlbefinden der Pferde	70
2.7.4 Reglementierung des Zungenbandeinsatzes.....	73
3. Material und Methoden.....	75
3.1 Studiendesign	75
3.2 Studienpopulation	75
3.3 Klinische Voruntersuchung und Vorbereitung des Patienten	75
3.4 Ethikstatement	77
3.5 Technische Ausrüstung	77
3.6 Endoskopische Positionierung und Ruhesequenz Aufzeichnung.....	78
3.7 Anwendung des Zungenbandes	79
3.8 Untersuchungsablauf Traber	81
3.9 Untersuchungsablauf der Galopper.....	82
3.10 Auswertung der Ruheendoskopie.....	83
3.11 Auswertung der Belastungsendoskopie	84
3.12 Datenerhebung der Pharynxweite	85
3.13 Datenerhebung der Öffnungsfläche des Kehlkopfes	87
3.14 Statistische Analyse der Daten.....	88
4. Ergebnisse	91
4.1 Studienpopulation Beschreibung	91
4.2 Bewertung der Gaumensegelfunktion (DDSP)	91
4.3 Bewertung der Kehlkopffunktion in Ruhe (RLN).....	92

4.4 Bewertung der Kehlkopffunktion in Belastung (RLN)	92
4.5 Gemeinsames Auftreten oberer Atemwegspathologien (DDSP, RLN).....	93
4.6 Ausschlusskriterien für die statistische Auswertung	94
4.7 Test auf Normalverteilung der Daten.....	95
4.8 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Pharynxweite (a und b) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	95
4.9 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Pharynxweite (a und b) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	98
4.10 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Larynxöffnungsfläche (a ,b, c, d, e) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	99
4.11 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Larynxöffnungsfläche (a, b, c, d, e) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	105
4.12 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (b/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	108
4.13 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband	109
4.14 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der vier Parameter der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a, c/a, d/a, e/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband	109
4.15 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der vier Parameter der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a, c/a, d/a, e/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband.....	114
4.16 Explorative Datenanalyse Vergleich der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (b/a) zwischen den Tieren ohne Befund und erkrankten Pferden (DDSP und RLN) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband	116
5. Diskussion	121
5.1 Diskussion der Methode	121
5.1.1 Studienpopulation	121
5.1.2 Zungenband	124
5.1.3 Overgroundendoskopie.....	126
5.2 Diskussion der Ergebnisse	127
5.2.1 Häufigkeit der Zungenbandanwendung	127
5.2.2 Zungenbandeinfluss auf obere Atemwegspathologien	128
5.2.3 Zungenbandeinfluss auf die Pharynxweite (a und b).....	133
5.2.4 Zungenbandeinfluss auf die Larynxöffnungsflächen (a, b, c, d, e).....	134

5.2.5 Zungenbandeinfluss auf die Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (b/a)	135
5.2.6 Zungenbandeinfluss auf die Larynxöffnungsflächen-Ratios (b/a, c/a, d/a, e/a) ...	136
5.2.7 Zungenbandeinfluss vergleichend (PE-Ratio, ohne Befund vs. DDSP und RLN)	137
5.3 Schlussfolgerung	138
5.4 Ausblick	138
6. Zusammenfassung	141
7. Summary	143
8. Literaturverzeichnis	145
9. Anhang	187
10. Publikationsverzeichnis	197
11. Danksagung	198
12. Interessenskonflikte.....	199
13. Selbstständigkeitserklärung	200

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Arcus palatopharyngeus</i> schematische Zeichnung (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).....	3
Abbildung 2: Kreuzung von Atmungsweg (blaue Pfeile) und Verdauungsweg (gelb hinterlegt, schwarze Pfeile) (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).....	6
Abbildung 3: Seitliche Darstellung der Kehlkopfknorpel beim Pferd (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).....	7
Abbildung 4: Endoskopisches Bild des Pferdekehlkopfes in Ruhe und bei forcierter Atmung (Quelle: eigene Aufnahmen, Darstellung modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).....	9
Abbildung 5: Physiologische Position des Gaumensegels im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	11
Abbildung 6: Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP) im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	12
Abbildung 7: Lähmung des linken Aryknorpels im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	20
Abbildung 8: <i>Epiglottis</i> entrapment im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	22
Abbildung 9: Laterale Röntgenaufnahme eines (an DDSP erkrankten) Pferdekehlkopfes (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	28
Abbildung 10: Transkutaner Ultraschall vom Kehlkopf des Pferdes (Quelle: eigene Aufnahme).....	34
Abbildung 11: Pferdekopf von ventral, mit eingezeichnetem Cornell Collar (Quelle: eigene Aufnahme, modifiziert nach BARAKZAI und HAWKES, 2010).....	38
Abbildung 12: Eingezeichnete Fadenführung (schwarz, Pfeil = Zugrichtung) des Tie-Forward am seitlichen Pferdekehlkopf (modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).....	39
Abbildung 13: Seitliche A) und dorsale B) Ansicht des Pferdekehlkopfes, mit eingezeichneter Fadenführung der Tie-back-Laryngoplastik (modifiziert nach STICK et al., 1999).....	45
Abbildung 14: Ablauf der Arytenoidektomie (Quelle: eigene Aufnahme, Darstellung modifiziert nach GRAY et al., 2019).....	49
Abbildung 15: Endoskopisches Bild von einem <i>Arytenoid</i> kollaps (RAKESTRAW-Grad C) (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).....	58
Abbildung 16: Zungenband fixiert die Zungenposition des Pferdes unterhalb des Trensengebisses (Quelle: eigene Aufnahme).....	67
Abbildung 17: Leicht zyanotische Verfärbung der Zunge eines Galoppers mit Zungenband und Endoskop, Pferd Nummer 25 (Quelle: eigene Aufnahme).....	71
Abbildung 18: Galopper nach der Belastung mit Endoskopie-Equipment, Pferd Nummer 3 (Quelle: eigene Aufnahme).....	76

Abbildung 19: Einführen des Endoskopes in den ventralen Nasengang eines Pferdes (Quelle: eigene Aufnahme).	78
Abbildung 20: Traber mit Endoskop, rechts im Bild der tragbare Empfängerbildschirm zur Überprüfung der Endoskop-Positionierung im Pharynx (Quelle: eigene Aufnahme).	79
Abbildung 21: Schematische Darstellung für das Anlegen eines Zungenbandes beim Pferd (Quelle: eigene Aufnahmen, Darstellung modifiziert nach MARSH et al., 2019).	80
Abbildung 22: Traber ohne Zungenband in Ruhe mit Endoskop (Quelle: eigene Aufnahme).	81
Abbildung 23: Galopper während Overgroundendoskopie, Pferd Nummer 9 (Quelle: eigene Aufnahme).....	82
Abbildung 24: Fließdiagramm, Ablauf der endoskopischen Bildauswertung (Quelle: eigene Aufnahmen und Darstellung).....	86
Abbildung 25: Fließdiagramm, Methode zur Messung der Pharynxweite und der Larynxweiten (Quelle: eigene Aufnahmen und Darstellung, modifiziert nach GO et al., 2014 und ZEBISCH et al., 2014).....	88
Abbildung 26: Darstellung der Zungenband Bekanntheit, aufgeteilt in Traber und Galopper (n = 38).....	91
Abbildung 27: Darstellung der oberen Atemwegspathologien innerhalb der Gesamtpopulation (n = 38).....	93
Abbildung 28: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der <i>Epiglottis</i> breite (a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).	96
Abbildung 29: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) von der Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der <i>Epiglottis</i> breite, b) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30)....	97
Abbildung 30: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	100
Abbildung 31: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	101
Abbildung 32: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).....	102
Abbildung 33: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) des relativen Öffnungswinkels (d) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).....	103
Abbildung 34 Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	104

Abbildung 35: Vergleichende Darstellung der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (b/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).	108
Abbildung 36: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) (Y-Achse, b_a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	110
Abbildung 37: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	111
Abbildung 38: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	112
Abbildung 39: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).	113
Abbildung 40: Vergleich der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (Y-Achse) von Pferden "mit RLN", "DDSP" und "Tieren ohne Befund" für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy in Ruhe (DIXON et al., 2003).	32
Tabelle 2: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy unter Belastung (RAKESTRAW et al., 1991).	33
Tabelle 3: Therapieoptionen für DDSP (modifiziert nach CHESEN und WHITFIELD-CARGILE, 2015).	37
Tabelle 4: Zusammenfassung der postoperativen Komplikationen (nach AHERN et al., 2008; DIXON et al., 2003; FROYDENLUND et al., 2014).	48
Tabelle 5: Prozentualer Anteil der Prävalenz oberer Atemwegspathologien von Pferden, die unter Belastung endoskopiert wurden (modifiziert nach BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).	59
Tabelle 6: Bewertungsschema für Gaumensegelverlagerung nach Ohnesorge (1998).	83
Tabelle 7: Endoskopische Klassifizierung der Larynxfunktion bei wachen Pferden in Ruhe (HAVEMEYER Workshop, Anon 2003).	84
Tabelle 8: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy unter Belastung (RAKESTRAW et al., 1991).	85
Tabelle 9: Übersicht der gemeinsam auftretenden oberen Atemwegspathologien (n = 13). ..	94
Tabelle 10: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der <i>Epiglottisbreite</i> (a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	98
Tabelle 11 Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der <i>Epiglottisbreite</i> , b) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	99
Tabelle 12: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	105
Tabelle 13: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	105
Tabelle 14: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	106
Tabelle 15: Korrelationen bei gepaarten Stichproben des relativen Öffnungswinkels (d) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	107
Tabelle 16: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).	107

Tabelle 17: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio (b/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).....	109
Tabelle 18: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).....	114
Tabelle 19: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).....	114
Tabelle 20: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).....	115
Tabelle 21: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).....	116
Tabelle 22: Vergleich der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe in Ruhe.	118
Tabelle 23: Vergleich der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe mit Zungenband.....	118
Tabelle 24: Vergleich der Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe ohne Zungenband.....	119
Tabelle 25: Basisdaten der Pferde (Rasse, Nutzung, Alter, Geschlecht, Gewicht) (Quelle eigene Tabelle).....	187
Tabelle 26: Darstellung der drei Bewertungsklassen und weitere Befunde für jedes Tier (n = 38).	188
Tabelle 27: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der <i>Epiglottis</i> breite (a).	189
Tabelle 28: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Pharynxhöhe (Senkrechte Strecke auf der <i>Epiglottis</i> ,b).	190
Tabelle 29: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a).	190
Tabelle 30: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b)	191

Tabelle 31: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Kehlkopfbreite auf Höhe der Stimmfalten (c). 191

Tabelle 32: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) des relativen Öffnungswinkels (d). 192

Tabelle 33: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der gesamten Kehlkopfoffnungsfläche (e). 192

Tabelle 34: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a). 193

Tabelle 35: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a). 193

Tabelle 36: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a). 194

Tabelle 37: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a). 194

Tabelle 38: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a). 195

Abkürzungsverzeichnis

<i>A.</i>	<i>Arteria</i>
<i>Art.</i>	<i>Articulatio</i>
d. h.	das heißt
CT	Computertomographie
DDSP	dorsal displacement of the soft palate
DMSO	Dimethylsulfoxid
DRS®	dynamic respiratory scope
DRS®- Halfter	spezielles Halfter zur Befestigung des Endoskops am Pferdekopf
e.V.	eingetragener Verein
FEI	Fédération Equestre Internationale
ggr.	geringgradig
<i>Inc.</i>	<i>Incisura</i>
<i>Lig.</i>	<i>Ligamentum</i>
<i>M.</i>	<i>Musculus</i>
max.	maximal
min	Minuten
<i>Mm.</i>	<i>Musculi</i>
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
n	Anzahl
<i>N.</i>	<i>Nervus</i>
<i>Nn.</i>	<i>Nervi</i>

Abkürzungsverzeichnis

OAW	obere Atemwege
p	Signifikanzniveau
PE-Ratio	Pharynx- <i>Epiglottis</i> -Ratio
<i>Proc.</i>	<i>Processus</i>
PI	Palatinale Instabilität
RLN	recurrent laryngeal neuropathy
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
T°	Grad
TH-Muskeln	<i>Thyrohyoid</i> -Muskeln
TT	tongue tie, Zungenband
URT-	upper respiratory tract (oberer Respirationstrakt)
vs.	versus (gegen)

1. Einleitung

Das Zungenband (engl. tongue tie) ist eine Form der Zaumzeugmodifikation, die seit über 100 Jahren weltweit bei Pferden angewendet wird. Es dient dazu, die Zunge des Pferdes in einer festen Position an dessen Unterkiefer zu fixieren. Hierfür kann das Zungenband aus unterschiedlichen Materialien wie Gummi-, Nylon-, Leder- oder Strumpfbändern bestehen. Frühere Berichte legen nahe, dass Zungenbänder benutzt wurden, um abnormale Atemgeräusche zu verhindern. Indem das Pferd die Zunge zurückzieht, kann das Gaumensegel sich dorsal aufwölben und die Passage der Luft zwischen den Nasengängen und dem Kehlkopf behindern, was zu Atemgeräuschen oder Obstruktionen führt, die das Zungenband verhindern soll. Die heutige Verwendung des Zungenbandes findet weltweit ihre größte Verbreitung im Pferderennsport. Sowohl bei Trab- als auch bei Galopprennpferden wird es häufig eingesetzt. Der primär vermeintliche Zweck des Zungenbandes ist die konservative Behandlung von dynamischen oberen Atemwegspathologien und die Leistungsoptimierung. In diesem Zusammenhang wird dem Zungenband eine besondere Bedeutung zur konservativen Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (dorsal displacement of soft palate, DDSP) zugeschrieben. Eine weitere Indikation zur Anwendung des Zungenbandes ist es, die Kontrolle über das Pferd mit dem Zungenband zu verbessern. Dies erfolgt, indem das Pferd daran gehindert wird, die Zunge über das Gebiss zu verlagern und sich somit den Gebiss-Hilfen des Reiters oder Fahrers zu entziehen. Zu den konservativen Therapieverfahren zählen neben der Verwendung des Zungenbandes spezielle Gebissformen (welche die Position der Zunge beeinflussen), Reithalter und Nasenriemen. In der Vergangenheit wurde der Einfluss vieler Ausrüstungsgegenstände auf die Dynamik der oberen Atemwege im Pferdesport analysiert. Zungenbänder werden häufig als erste Maßnahme zur konservativen Therapie oder in Kombination mit chirurgischen Eingriffen von Trainern angewendet. In den letzten Jahren wurden von Tierschützern Bedenken hinsichtlich der Anwendung des Zungenbandes bei Pferden in Bezug auf das Tierwohl geäußert. Dies hat dazu geführt, dass das Zungenband bei den meisten Disziplinen von der Fédération Equestre Internationale verboten wurde. Die Wirksamkeit und der genaue Mechanismus, wie das Zungenband ein DDSP verhindern kann, bleiben bisher weiter umstritten. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es herauszufinden, ob es einen positiven Einfluss durch das Tragen eines Zungenbandes auf die Pharynxweite und die Öffnungsfläche des Larynx bei Pferden gibt. Des Weiteren soll mit dieser Arbeit geprüft werden, ob durch ein Tragen des Zungenbandes ein DDSP verhindert werden kann. Nur wenn ein positiver Einfluss des Zungenbandes nachweisbar ist, wäre eine zukünftige Anwendung des Zungenbandes sinnvoll.

Das Ziel ist es, zu bewerten, ob der Einsatz des Zungenbandes unter Berücksichtigung der Nachteile für das Tierwohl, gerechtfertigt ist. Folgende Hypothesen sollen in dieser Arbeit geklärt werden:

Hypothese 1: Die Anwendung des Zungenbandes vergrößert den Pharynxdurchmesser und die Larynxöffnungsfläche.

Hypothese 2: Das Tragen eines Zungenbandes verhindert das Auftreten einer DDSP.

Hypothese 3: Das Zungenband hat einen stabilisierenden Effekt auf die oberen Atemwege und verhindert dynamische obere Atemwegspathologien

Hypothese 4: Die Höhe des Larynx und die Breite der Epiglottis sind unter Rennbelastung konstant.

Mit der Beantwortung dieser Hypothesen sollen funktionell-anatomische Zusammenhänge der Anwendung des Zungenbandes aufgezeigt und ein weiterer wichtiger Beitrag zur objektiven Beurteilung des weit verbreiteten Einsatzes des Zungenbandes im Hinblick auf das Wohlbefinden der Rennpferde unter Rennbelastung geleistet werden.

2. Literatur

2.1 Anatomie

2.1.1 Der Pharynx des Pferdes

Der Pharynx beinhaltet den kaudalen, trichterförmigen Abschnitt des Kopfdarms, der die Verbindung zwischen Maulhöhle und Speiseröhre einerseits sowie der Nasenhöhle und dem Kehlkopf andererseits herstellt (THOMÉ, 2004). Der Pharynx gliedert sich in eine dorsale (Nasenrachen, *Pars nasalis pharyngis*) und eine ventrale Etage (Schlingrachen), die gemeinsam das *Cavum pharyngis* bilden (WISSDORF et al., 2010). Die Grenze zwischen diesen beiden Etagen bildet der *Arcus palatopharyngeus* (Abb. 1, a–d). Dieser wird in vier Abschnitte gegliedert, die *Pars rostralis* (Abb. 1, a), die *Partes laterales dextra et sinistra* (Abb. 1, b und c) und einer *Pars caudalis* (Abb. 1, d, WISSDORF et al., 2010).

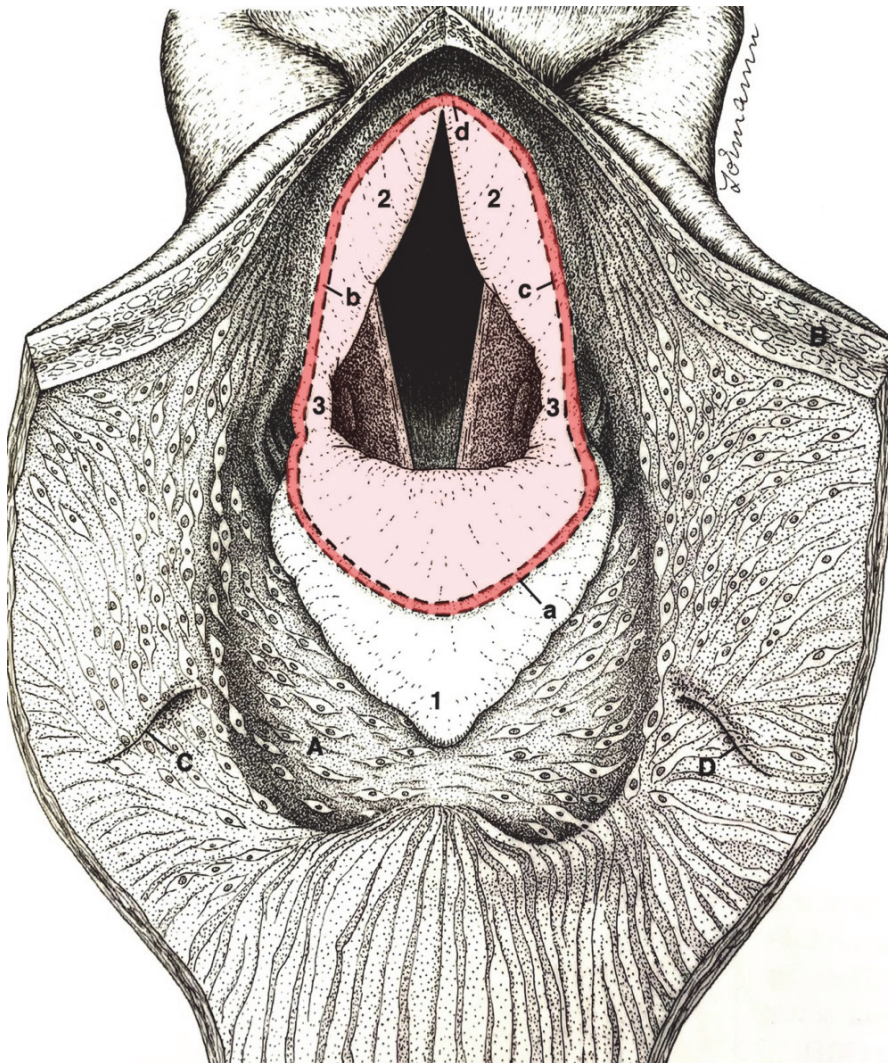


Abbildung 1: *Arcus palatopharyngeus* schematische Zeichnung (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).

(**A** Nasenschleimhaut auf dem Gaumensegel; **B** Schlundkopfmuskulatur, gespalten; **C** und **D** Tubenöffnungen, *Ostium pharyngeum tubae auditivae*; **a-d** *Arcus palatopharyngeus* (*Ostium intrapharyngeum*; **a** *pars rostralis*; **b** *Pars lateralis dextra*; **c** *Pars lateralis sinistra*; **d** *Pars caudalis*; **1** *Epiglottis*; **2** Aryknorpel; **3** *Plica aryepiglottica*)

Die *Pars rostralis* wird durch den freien, kaudalen Rand des Gaumensegels gebildet, die *Partes laterales* schließen sich als seitliche Schleimhautfalten an, die sich zur *Pars caudalis* vereinigen. Gemeinsam bilden sie einen Ring, den *Arcus palatopharyngeus*, der das *Ostium intrapharyngeum* begrenzt und beide Etagen des Pharynx miteinander verbindet (WISSDORF et al., 2010). Die dorsale Etage (Nasenrachen, *Pars nasalis pharyngis*) steht rostral mit der Nasenhöhle in Verbindung. Sie wird rostro-dorsal von der Schädelbasis begrenzt, von der sie kaudo-lateral durch die Luftsäcke abgedrängt wird. Kaudodorsal bildet der Nasenrachen eine blind endende Bucht, das *Diverticulum pharyngeum* (WISSDORF et al., 2010). Der Boden des Nasenrachens wird im rostralen Bereich von der Dorsalfläche des Gaumensegels gebildet. Im Rachengewölbe liegt jederseits lateral das schräg kaudo-ventral verlaufende *Ostium pharyngeum tubae auditivae*. Diese Öffnung verbindet die Maulhöhle mit der *Eustachio*-Röhre, an welcher die Luftsäcke angeschlossen sind (WISSDORF et al., 2010). Die ventrale Etage (Schlingrachen) wird in den Mundrachen und in den Kehlrachen untergliedert. Der Mundrachen (*Pars oralis pharyngis*) beginnt rostral auf Höhe der letzten Backenzähne (*Isthmus faucium*) und endet kaudal an der Basis des Kehldeckels (*Epiglottis*). Die dorsale Begrenzung wird von der Ventralfläche des Gaumensegels (*Palatum molle*) gebildet. Die Seitenwände werden lateral jeweils von einer Schleimhautfalte gebildet, die eine Verbindung zwischen Zungengrund und weichen Gaumen kennzeichnet (*Arcus palatoglossus*). Den Boden des Mundrachens formt die Zungenwurzel (*Radix linguae*) (WISSDORF et al., 2010). Der Kehlrachen (*Pars laryngea pharyngis et Vestibulum oesophagi*) stellt den eigentlichen Kreuzungsbereich des Verdauungskanal mit den Atemwegen dar. Der Kehlrachen reicht von der Basis der Epiglottis zum Eingang des Ösophagus und bildet somit die kaudale Fortsetzung des Mundrachens (WISSDORF et al., 2010). Der Boden des Kehlrachens wird rostral von der *Epiglottis*, seitlich von den *Plicae aryepiglotticae* und kaudal von den *Processus corniculatus* (Kehlkopfkronen) gebildet. Die *Pars oesophagea*, der Kaudalrand und Abschluss des Kehlrachens, wird durch den Musculus (*M.*) *cricopharyngeus* (*Vestibulum oesophagi*) begrenzt (WISSDORF et al., 2010). Das Gaumensegel (*Velum palatinum, Palatum molle*) bildet die kaudale Fortsetzung des harten Gaumens. Es weist vom Ansatz am *Margo liber* des *Os palatinum* bis zu seinem freien kaudalen Rand eine Länge von 100 bis 130 cm auf (WISSDORF et al., 2010). In der Atemstellung liegt das Gaumensegel unter dem Kehldeckel, so dass eine Maulatmung nicht möglich ist. Regurgitiertes Futter gelangt nicht in die Maulhöhle, sondern in die Nasenhöhle. Somit erfolgt eine Entleerung über die Nüstern

(WISSDORF et al., 2010). Die Position des Gaumensegels wird durch die Aktivität von drei paarigen Muskeln bestimmt:

1. *M. tensor veli palatini* (Anspanner)
2. *M. levator veli palatini* (Heber)
3. *M. palatinus* (Verkürzer)

Der *M. tensor veli palatini* ist der Anspanner des weichen Gaumens. Durch seine Kontraktion wird die rostrale Hälfte des Gaumensegels während der Inspiration nach ventral gedrückt (KUEHN et al., 1982; MOON et al., 1991). Er unterstützt im Rahmen des Schluckaktes die Öffnung der Tubenklappen beider Luftsäcke. Die Innervation erfolgt über den *Nervus (N.) mandibularis* (WISSDORF et al., 2010). Der *M. levator veli palatini* ist der Heber des Gaumensegels während des Schluckaktes und des Wieherns (KUEHN et al., 1982; MOON et al., 1991). Die Innervation erfolgt über den *Plexus pharyngeus* des *N. glossopharyngeus* und des *N. vagus* (WISSDORF et al., 2010). Der *M. palatinus* ist der Verkürzer des weichen Gaumens. Durch eine Kontraktion wird die kaudale Hälfte des Gaumensegels in Richtung Zunge gedrückt. Er wird über den *Plexus pharyngeus* des *N. vagus* innerviert (KUEHN et al., 1982; MOON et al., 1991; WISSDORF et al., 1998, 2010; THOMÉ, 1999). Die Schlundkopfmuskulatur wird in zwei Gruppen, die Schlundkopfschnürer und Schlundkopferweiterer, untergliedert (BUDRAS und RÖCK, 1994). Die Namensgebung ergibt sich aus dem Ursprung der Muskeln und ihrem Ansatz an der *Raphe pharyngis* dorsal des Schlundkopfes (WISSDORF et al., 2010):

Rostrale Schlundkopfschnürer

- *M. pterygopharyngeus*
- *M. palatopharyngeus*

Mittlere Schlundkopfschnürer

- *M. hyopharyngeus*
- *M. stylopharyngeus rostralis* (fehlt häufig)

Kaudale Schlundkopfschnürer

- *M. thyropharyngeus*
- *M. cricopharyngeus*

Zur Gruppe der Schlundkopferweiterer zählt nur der paarige *M. stylopharyngeus caudalis*. Die Innervation der Schlundkopfschnürer wird über den *Plexus pharyngeus* des *N. glossopharyngeus* und des *N. vagus* gewährleistet. Der Schlundkopferweiterer wird direkt durch den *N. glossopharyngeus* versorgt. Die arterielle Blutversorgung erfolgt über die *Arteria (A.) laryngea cranialis* (WISSDORF et al., 2010). Die *Lymph*e im pharyngealen Bereich wird über das *Lymphocentrum retropharyngeum* mit den *Lymphonodi retropharyngeales mediales et laterales* drainiert. Mit der Durchgangslymph des *Lymphocentrum parotideum* und

teilweise des *Lymphocentrum mandibulare* erfolgt der Abfluss zu den *Lymphonodi cervicales profundi* (WISSDORF et al., 2010). Als ein besonderes lymphatisches Organ des Schlundkopfes wird der lymphatische Rachenring angesehen, der sich aus der *Tonsilla lingualis*, der *Tonsilla palatina*, der *Tonsilla pharyngea*, der *Tonsilla tubaria* und der sich in der rostroventralen Fläche des weichen Gaumens befindlichen *Tonsilla veli palatini* zusammensetzt (THOMÉ, 1999).

2.1.2 Der Larynx des Pferdes

Der Kehlkopf bildet die Verbindung zwischen dem Rachen und der Luftröhre (ROBINSON und FURLOW, 2007; Abb. 2). Der im Kehlgang liegende Kehlkopf (*Larynx*) ist ein röhrenförmiges Organ, welches drei wesentliche Funktionen erfüllt. Er ist an der Regulation des Atemluftvolumens und an der Mechanik des Hustenreflexes beteiligt. Des Weiteren enthält er den Stimmapparat. Damit ermöglicht der Kehlkopf die Erzeugung von pferdespezifischen Lauten. Der Kehlkopf schützt die nachfolgenden Atemorgane, indem er das ungewollte Eindringen von Nahrung und Flüssigkeiten beim Schluckakt verhindert (WISSDORF et al., 2010).

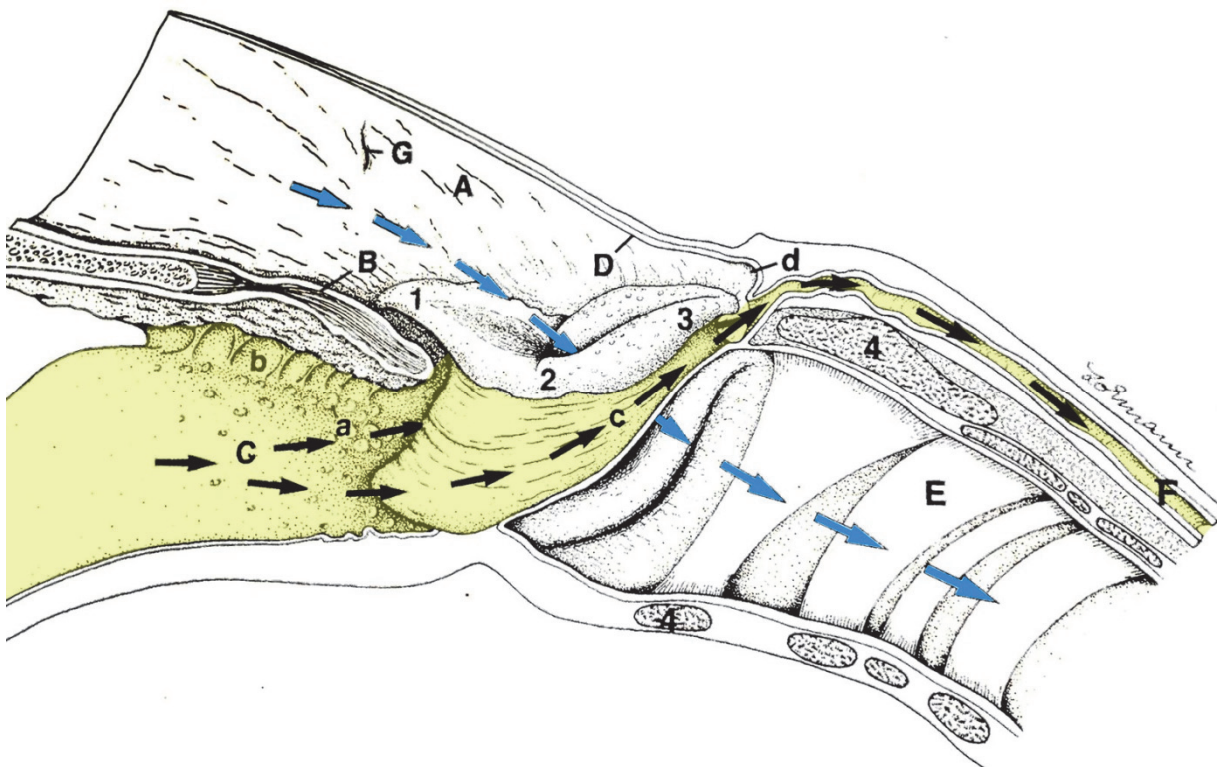


Abbildung 2: Kreuzung von Atemsweg (blaue Pfeile) und Verdauungsweg (gelb hinterlegt, schwarze Pfeile) (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).

(A Nasenrachen; B Gaumensegel; C Zungenwurzel; D Pharynxdach; E Trachealspange; F Ösophagus; Tubenöffnung; a *Tonsilla Lingualis*, b *Arcus palatoglossus*; *Rec. piriformis*; *Diverticulum pharyngeum*; Kehlkopfkronen; 1 *Epiglottis*; 2 *Plica aryepiglottica*; 3 *Aryknorpel*)

Die knorpelige Stütze für den Kehlkopf bilden der Kehlideckel (*Epiglottis*, Abb. 2, 1), der Schildknorpel (*Cartilago thyroidea*), die paarigen Stellknorpel (*Cartilagine arytenoideae*) sowie der Ringknorpel (*Cartilago cricoidea*) (WAIBL, 2004). Die *Epiglottis* ist blattförmig nach dorsal konvex geformt und besteht aus elastischem Knorpel. Während der Atmung liegt die *Epiglottis* dem Gaumensegel auf und verschließt während des Schluckaktes die Eingangsöffnung zum Kehlkopf (WISSDORF et al., 1998).

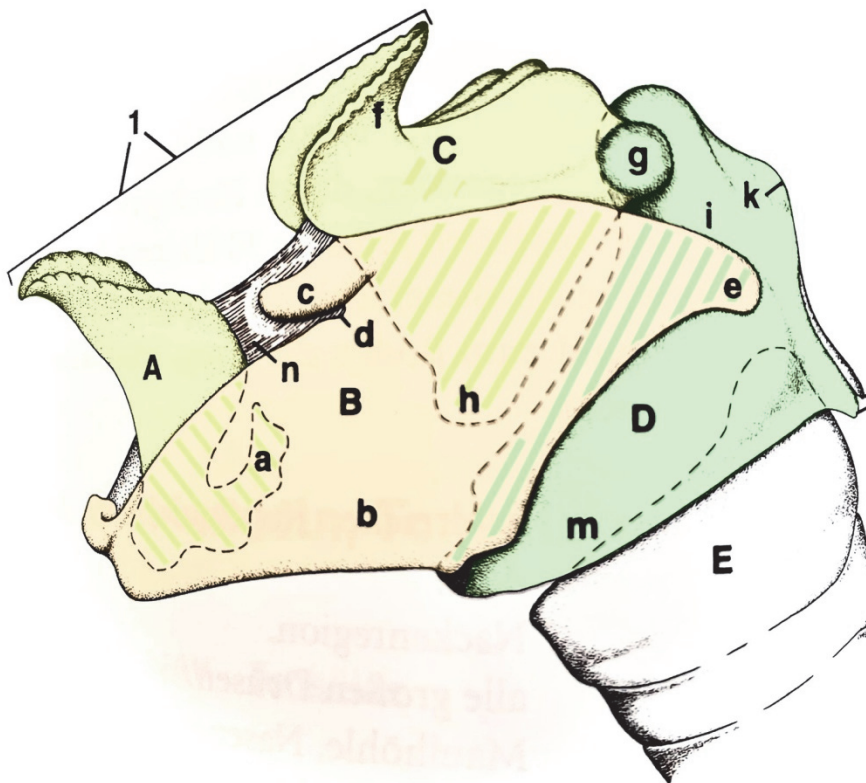


Abbildung 3: Seitliche Darstellung der Kehlkopfknorpel beim Pferd (Quelle: modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).

(Kehlkopfknorpel, verdeckte Abschnitte gestrichelt dargestellt. Kehlkopf und Trachea Eingang, leicht nach links gekippt, linke Ansicht. **A** *Cartilago epiglottica*; **B** *Cartilago thyroidea*; **C** *Cartilago arytenoidea*; **D** *Cartilago cricoidea*; **E** Trachealspange; **a** *Proc. cuneiformis sinister*; **b-e** *Cartilago thyroidea*: **b** *Lamina sinistra*, **c** *Cornu rostrale*, **d** *Fissura thyroidea*, **e** *Cornu caudale*; **f-h** *Cartilago arytenoidea*: **f** *Proc. corniculatus*, **g** *Proc. muscularis*, **h** *Proc. vocalis*, **i-m** *Cartilago cricoidea*: **i** *Lamina cricoidea*, **k** *Crista mediana*, **l** *Inc. cricoidea caudalis*, **m** *Arcus cricoideus*, **n** *Plica aryepiglottica*; **1** *Aditus laryngis*)

Kaudal an die *Epiglottis* (Abb. 3, A) schließt sich der Schildknorpel (*Cartilago thyroidea*, Abb. 3, B) an, der die Seitenwände und den Boden des Kehlkopfes bildet. Die Seitenwände werden durch die beiden Seitenplatten (*Laminae*, Abb. 3, b) gebildet, welche jeweils dorsal einen rostralen und kaudalen Fortsatz besitzen. Das *Cornu rostrale* (Abb. 3, c) bildet die Gelenkverbindung mit dem Kehlkopfast des Zungenbeines. Am rostralen Rand liegt die Schildknorpelspalte (*Fissura thyroidea*, Abb. 3, d). Die *Artikulation* mit dem Ringknorpel wird vom *Cornu caudale* (Abb. 3, e) übernommen. Ventral ist der Schildknorpel im kaudalen Bereich nicht vollständig geschlossen. Hier befindet sich ein V-förmiger Einschnitt (*Incisura thyroidea caudalis*), welcher bindegewebig verschlossen ist (WAIBL, 2004). Die paarigen Stell- oder Aryknorpel (*Cartilagine arytenoideae*, Abb. 3, C), werden durch Muskeln bei der Atmung und Stimmbildung in ihrer Stellung verändert. Ihre Gestalt hat die Form einer dreiförmigen Pyramide, wobei eine Ecke nach ventral gerichtet ist. Der *Processus corniculatus* (Abb. 3, f) liegt am rostro-dorsalen Ende und dient dem *M. cricoarytenoideus dorsalis* als Ansatz. Die kaudal-dorsalen Enden der Stellknorpel bilden mit dem Ringknorpel jeweils beidseits das *Cricoarytenoidgelenk*. Das ventrale Ende bildet den *Processus vocalis*, (Abb. 3, h), an welchem das Stimmband (*Ligamentum (Lig) vocale*) ansetzt (WAIBL, 2004).

Der Ringknorpel (*Cartilago cricoidea*, Abb. 3, D) bildet die kaudale Verbindung des Kehlkopfes zur Trachea (Abb. 3, E) und besitzt die Gestalt eines Siegelrings. Die Ringknorpelplatte (*Lamina cartilagine cricoideae*, Abb. 3, i) trägt medial einen Muskelkamm (*Crista mediana*, Abb. 3, k) und am Rostralrand jederseits eine Stellknorpelgelenksfläche (*Facies articularis arytenoidea*). Am Übergang von der Platte zum Reif befindet sich die Stellknorpelgelenksfläche (*Facies articularis thyroidea*) zur Verbindung mit den Kaudalhörnern des Schildknorpels. Der Ringknorpelreif (*Arcus cartilagine cricoideae*, Abb. 3, m) verschmälert sich nach rostro-ventral (WAIBL, 2004). Der Kehlkopfeingang wird beidseits von den *Plicae aryepiglotticae* flankiert (Abb. 4, B), die vom Kehldeckel zu den *Aryknorpeln* (Abb. 4, C) ziehen (WAIBL, 2004). An der Basis der *Epiglottis* (Abb. 4, A) liegt die mittlere Kehlkopftasche (*Recessus laryngis medianus*), die sich nach ventral ausbuchtet. An den Seitenwänden der Kehlkopfhöhle stülpt sich zwischen der *Plica vestibularis* und der *Plica vocalis* (Abb. 4, D) die seitliche Kehlkopftasche (*Ventriculus laryngis*) nach lateral aus. Die rostrale *Plica vestibularis* enthält das *Lig. vestibulare* und den *M. ventricularis*. Die kaudal gelegene *Plica vocalis* umschließt den *M. vocalis* und das *Lig. vocale* (WAIBL, 2004). Die intrinsische Larynxmuskulatur sorgt für die Verengung und die Erweiterung der Stimmritze (*Rima glottidis*, Abb. 4, 1 und 2) sowie für die Spannung bzw. Entspannung der Stimmbänder (*Ligamenta vocalia*). Als Verenger der Stimmritze fungieren der *M. cricothyroideus*, der *M. cricoarytenoideus lateralis*, der *M. arytenoideus transversus*, der *M. vocalis* und der *M. ventricularis*. Die beiden letztgenannten Muskeln bilden gemeinsam den *M. thyroarytenoideus* (WAIBL, 2004). Die Erweiterung der Stimmritze erfolgt allein durch die Kontraktion des *M.*

cricoarytenoideus dorsalis (WAIBL, 2004). All diese Muskeln sind paarig angelegt und verlaufen zwischen den jeweils im Eigennamen des Muskels genannten Knorpelteilen (WAIBL, 2004). Der *M. cricothyroideus* wird als einziger Muskel vom *Ramus externus* des *N. laryngeus cranialis* innerviert, wohingegen alle übrigen Muskeln vom *N. laryngeus recurrens* (*seu caudalis*) innerviert werden (WAIBL, 2004).

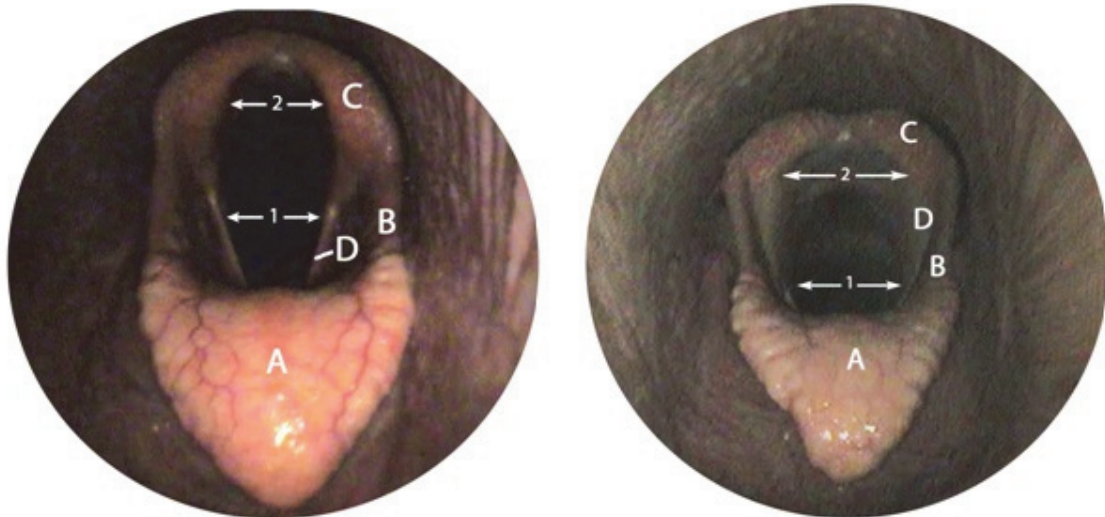


Abbildung 4: Endoskopisches Bild des Pferdekehlkopfes in Ruhe und bei forcierter Atmung (Quelle: eigene Aufnahmen, Darstellung modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).

(A *Epiglottis*; B *Plica aryepiglottica*, C *Proc. corniculatus des Aryknorpels*; D *Plica vocalis*; 1 und 2 *Rima glottidis*: 1 *Pars intermembranacea*, 2 *Pars intercartilaginea*)

Die extrinsische Larynxmuskulatur beinhaltet alle Muskeln, die von außen an den Kehlkopf herantreten und ihn als Ganzes bewegen (WAIBL, 2004). Hierzu gehören der *M. sternothyroideus*, der *M. thyrohyoideus* und der *M. hyoepiglotticus* (WAIBL, 2004). Der *M. sternothyroideus* führt bei Kontraktion zu einer kaudo-ventralen Bewegung des Kehlkopfes. Der *M. thyrohyoideus* und der *M. hyoepiglotticus* hingegen führen bei Kontraktion zu einer Rostralbewegung des Kehlkopfes (WAIBL, 2004). Der *M. hyoepiglotticus* bewirkt zusätzlich eine Ventralbewegung der *Epiglottis* an den weichen Gaumen heran (HOLCOMBE und DUCHARME, 2007).

2.1.3 Die Physiologie des Pharynx und Larynx von Pferden

Im Pharynx kreuzen sich Luft- und Speiseweg, so dass Erkrankungen in diesem Bereich häufig mit einer Dysphagie (Schluckstörung), aber auch mit respiratorischen Symptomen wie Husten, Nasenausfluss und Atemgeräuschen einhergehen (FEY und OHNESORGE, 2016). Abzugrenzen ist die Dysphagie von einer Kaustörung, also von einer Erkrankung mit mangelhafter Zerkleinerung des aufgenommenen Futters (FEY und OHNESORGE, 2016). Zu

Husten und Nasenausfluss mit Futterpartikeln kommt es bei der Dysphagie, weil Futteranteile beim Schluckakt über den Nasopharynx nicht in den Ösophagus, sondern in die Trachea und in die Nasenhöhle gelangen (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine pharyngeale Einengung (Angina pharyngis) und die damit verbundene Symptomatik können auch durch raumfordernde Erkrankungen der angrenzenden Strukturen hervorgerufen werden, z. B. bei Luftsacktympanie oder Subepiglottiszysten (FEY und OHNESORGE, 2016). Der Schluckakt ist einer der wesentlichsten Aufgaben des Kehlkopfes (WISSDORF et al., 2010). Dieser setzt sich aus einem willkürlichen und einem unwillkürlichen Vorgang zusammen und verhindert, dass in die sich an ihn anschließenden Atemwege Flüssigkeit oder Futterpartikel Eindringen können (WISSDORF et al., 2010). Beim Schluckakt schließt der weiche Gaumen zusammen mit dem *Arcus palatopharyngeus* die Nasenhöhle von ventral ab. Der Zungengrund wird angehoben und gegen das Gaumensegel gepresst (WISSDORF et al., 2010). Durch Muskeleinwirkung wird das Zungenbein nach kranio-dorsal bewegt und der Kehlkopf wird gleichzeitig unter die Zungenwurzel verlagert. Synchron dazu wird der Kehldeckel, passiv durch die Zungenwurzel, schützend über den Kehlkopfeingang gelagert. So gelangt der Bissen anschließend über den Kehldeckel in den sich anschließenden Ösophagus (WISSDORF et al., 2010, Abb. 2, schwarze Pfeile). Durch die Kehlkopfeigenmuskulatur wird die Lageveränderung der Kehlkopfknorpel zueinander ermöglicht (WISSDORF et al., 2010). Die Bewegung dieser Knorpel bewirkt eine Erweiterung oder Verengung des Kehlkopfes und ermöglicht den totalen Verschluss der Stimmritze (WISSDORF et al., 2010). Somit dienen sie der Stimmbildung, Auslösung des Hustens, Steigerung des Atemminutenvolumens pro Zeiteinheit und der Druckerzeugung bei der Bauchpresse, z. B. bei Kot- oder Harnabsatz sowie bei der Geburt (WISSDORF et al., 2010).

2.2 Erkrankungen des Pharynx

2.2.1 Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP)

In der englischsprachigen Literatur wird die Erkrankung als „dorsal displacement of the soft palate“ (DDSP) bezeichnet. Das Pferd ist ein obligater Nasenatmer, bei dem der kaudale freie Rand des weichen Gaumens den Nasopharynx ventral zur *Epiglottis* abdichtet (BARONE, 1996). Jede Störung dieser normalen anatomischen Beziehung führt zu erhöhten Luftstromturbulenzen und respiratorischer *Impedanz* (REHDER et al., 1995). Ein spezifischer Zustand, bei dem sich der freie kaudale Rand des Gaumensegels während des Trainings nach dorsal über die *Epiglottis* verlagert, wird als intermittierende Dorsalverlagerung des Gaumensegels beschrieben (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Normalerweise liegt der kaudale Rand des weichen Gaumens eng an der Basis der *Epiglottis* an (Abb. 5).



Abbildung 5: Physiologische Position des Gaumensegels im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

Das wellenförmige „Aufblähen“ des rostralen und kaudalen Gaumensegels, ohne tatsächliche Verlagerung des kaudalen Randes des Gaumensegels nach dorsal über die *Epiglottis*, wird als palatinale Instabilität bezeichnet (PI) (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die PI verursacht einen turbulenten Luftstrom innerhalb des Nasopharynx und geht häufig dem DDSP voraus (KANNEGIETER und DORE, 1995; TAN et al., 2005; LANE et al., 2006a). Das Schlucken des Pferdes kann eine PI vorübergehend stoppen, aber die Instabilität kehrt bei betroffenen Tieren normalerweise innerhalb weniger Sekunden zurück und kann zum tatsächlichen DDSP (Abb. 6) fortschreiten (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Eine Studie hat gezeigt, dass die Häufigkeit des Schluckens unmittelbar vor dem Beginn der DDSP zunimmt (PIGOTT et al., 2010). Der Stimulus für die Zunahme des Schluckens und die Wirkung dessen ist jedoch noch unbekannt (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Ein DDSP kann auch ohne eine vorangegangene palatinale Instabilität auftreten (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die Gründe für diese unterschiedlichen Erscheinungsformen der Erkrankung sind unbekannt, eine multifaktorielle Ätiologie ist sehr wahrscheinlich (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Es ist unklar, welcher Grad der Instabilität des weichen Gaumensegels normal ist. Bisher ist nicht bekannt, wie hoch der Prozentsatz der Pferde mit palatinaler Instabilität unter anderen Bedingungen, wie z. B. im Rennsport, an DDSP leiden könnten (FRANKLIN, 2009). Wenn eine palatinale Instabilität isoliert beobachtet wird, wurde es als gleichwertig mit einer vermutlichen Diagnose von DDSP beschrieben (CHEETHAM et al., 2008).



Abbildung 6: Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP) im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

Die Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels führt zu einer flusslimitierenden expiratorischen Obstruktion, die zu einem verminderten Luftstrom und erhöhtem trachealem Expirationsdruck führt. Die dadurch reduzierte Ventilation führt nachfolgend zu einer Hypoxie, Hyperkapnie sowie zur Leistungsminderung der betroffenen Pferde (REHDER et al., 1995; HOLCOMBE et al., 1998; FRANKLIN et al., 2002 a). Sobald sich das weiche Gaumensegel verlagert hat, wird während der Inspiration eine Obstruktion beobachtet. Der herrschende Inspirationsdruck der oberen Atemwege hält das Gaumensegel oberhalb des dorsalen Aspektes der *Epiglottis* in der verlagerten Position fest. Ein Teil der ausgeatmeten Luft wird während der Expiration ventral des verlagerten Gaumensegels in die Maulhöhle geleitet. Bei einigen Pferden wird während der Ausatmung ein „Flattern“ durch das verlagerte Gaumensegel erzeugt (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Es wird angenommen, dass das niederfrequente Flattern des kaudalen Gaumensegelrandes die Quelle des lauten expiratorischen und inspiratorischen „Gurgelns“ oder „Schnarchens“ ist, welches bei 70–80 % der betroffenen Pferde auftritt (FRANKLIN et al., 2004). Bei einigen Pferden kann ein DDSP auftreten, ohne dass sie hörbare Atemgeräusche aufweisen (silent displacer) (DERKSEN et al., 2001; PARENTE et al., 2002; LANE et al., 2006 b). Eine mögliche Erklärung dafür, warum 20–30 % der Pferde mit DDSP keine hörbaren Atemgeräusche haben, ist die Variabilität der „Steifigkeit“ des weichen Gaumensegels (FRANKLIN et al., 2004).

Andere Formen der palatinalen Dysfunktion sind persistierende DDSP und rostrale palatinale Instabilität. Als persistierende Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels wird ein permanent nach dorsal verlagertes weiches Gaumen bezeichnet, der bereits beim ruhenden Pferd endoskopisch beobachtet werden kann. Bei dieser Form der Erkrankung kann sich der weiche Gaumen trotz Schluckversuchen nicht oder nur kurz in seine korrekte anatomische (*subepiglottische*) Position zurückverlagern (SULLIVAN und PARENTE, 2003; ORTVED et al., 2009; BARNETT et al., 2015). Die Erkrankung tritt relativ selten auf (BARAKZAI et al., 2016). Die Ätiologie ist unbekannt, beziehungsweise vielfältig. Persistierende DDSP treten in der Regel sekundär zu pharyngealen und laryngealen Störungen auf, die verhindern, dass die *Epiglottis* ihre normale Position einnimmt. Dazu gehören Anomalien der *Epiglottis*-größe oder -steifigkeit sowie das Vorhandensein von *subepiglottischen*, *intrapalatalen* Zysten (LANE 1993; HAWKINS und TULLENERS, 1994; DIXON, 1995) sowie permanentes *Epiglottis* Entrapment, pharyngeale Zysten oder eine pharyngeale Parese (HOLCOMBE und DUCHARME, 2007; ORTVED et al., 2010). Ebenfalls wurden als Ursache oro- und nasopharyngeale Fremdkörper sowie pharyngeale Vernarbung oder Lähmungen beschrieben (LANE, 1993; HAWKINS und TULLENERS, 1994; DIXON, 1995). Eine vorangegangene *subepiglottische* Operation wurde häufig in der Anamnese von Pferden mit persistierender DDSP beschrieben, ebenso scheint eine vorangegangene Laryngoplastik mit *Ventrikulokordektomie* ein Risikofaktor für die Entwicklung von persistierender DDSP zu sein (BARNETT et al., 2015; BARAKZAI et al., 2016). Die rostrale Gaumeninstabilität wird seltener bei Pferden und Ponys, meist in Verbindung mit einer Halsflexion, während des Trainings beobachtet (ALLEN et al., 2007; HOLCOMBE und DUCHARME 2007). Wie der Name schon sagt, ist der Zustand durch ein dorsoventrales Aufblähen gekennzeichnet, das auf den rostralen weichen Gaumen beschränkt ist. Die rostrale palatinale Instabilität verursacht Atemgeräusche und eine inspiratorische nasopharyngeale Obstruktion (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Experimentell wurde dieser Zustand durch eine *bilaterale Tensor-veli-palatini-Tenektomie* erzeugt (HOLCOMBE et al., 1997 a). Die Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP) und die palatinale Instabilität (PI) ist die am häufigsten diagnostizierte Ursache für eine Obstruktion der oberen Atemwege bei Pferden (BARAKZAI und HAWKES, 2010). DDSP wird am häufigsten bei Vollblut- oder Trabrennpferden mit einer Prävalenz von ca. 10–20 % beobachtet (DUCHARME, 2006; POLLOCK et al., 2009). Gelegentlich sind jedoch auch andere Pferdetypen, insbesondere solche, die mit gebeugtem Kopf und Hals trainiert werden, wie z. B. Dressurpferde und Saddlebreds, betroffen (FRANKLIN et al., 2006). Auch andere Autoren berichten, dass das DDSP bei Rennpferden mit Leistungsinsuffizienz mit einer Prävalenz von 10–20 % eine häufige Ursache für Atemwegobstruktionen ist (PARENTE et al., 2002; FRANKLIN et al., 2006; LANE et al., 2006; PRIEST et al., 2012). Bezogen auf die Gesamtpopulation der Rennpferde wird eine Prävalenz von 1 bis 6,5 %

vermutet (FRANKLIN et al., 2002). Während das klinische Bild der dynamischen palatinalen Dysfunktion bekannt und gut beschrieben wurde, ist dessen Ätiologie nur unzureichend verstanden (BARAKZAI und HAWKES, 2010). In der veterinärmedizinischen Literatur wurde bereits im 19. Jahrhundert darauf hingewiesen, dass eine Lähmung des weichen Gaumens bei Pferden zu einer Dyspnoe führen kann (HURTEL D'ARBOVAL, 1826). Mehr als ein Jahrhundert später wurde die expiratorische Dyspnoe bei drei Pferden auf eine „neurogene Lähmung“ des weichen Gaumens zurückgeführt (GRATZL, 1933). QUINLAN et al. (1949) waren die ersten, die in der englischen Literatur berichteten, dass der weiche Gaumen eine Quelle für expiratorische Dyspnoe bei Rennpferden ist. Das mangelnde Verständnis der Pathophysiologie der DDSP wird als ein Hauptfaktor für den begrenzten Erfolg der meisten Behandlungen genannt (BEARD und WAXMAN, 2007). Die Forschungsanstrengungen der letzten 20 Jahre zielten vornehmlich darauf ab, effektivere Behandlungsstrategien zu entwickeln, durch ein verbessertes Verständnis der Pathophysiologie der DDSP (HOLCOMBE et al., 1997 a, b, 1998, 2002, 2007; DUCHARME et al., 2003). Vor 10 Jahren konzentrierten sich die Forschungsbemühungen mit Hilfe experimenteller Modelle auf die neuromuskuläre Dysfunktion der intrinsischen weichen Gaumenmuskulatur (HOLCOMBE et al., 1999, 2007; HAWKES et al., 2010), die Positionierung des *laryngochoyoiden* Apparates (DUCHARME et al., 2003; WOODIE et al., 2005 a) und die Rolle des distalen *N. hypoglossus* bei der Aufrechterhaltung der nasopharyngealen Stabilität (CHEETHAM et al., 2009). Der pharyngeale Ast des *N. vagus* innerviert die intrinsischen Muskeln des Gaumens (*Mm. levator veli palatini, palatopharyngeus* und *palatinus*), welche die Position des kaudalen weichen Gaumens kontrollieren (SISSON und GROSSMAN, 1953). Die bilaterale Lokalanästhesie des pharyngealen Astes des *N. Vagus* führte zum ersten experimentell induzierten DDSP-Modell, bei welchem die Luftstromparameter während der Belastung denen entsprachen, die in klinischen Fällen von DDSP beobachtet wurden (HOLCOMBE et al., 1998). Dieses Modell ahmte jedoch nicht vollständig das klinische Bild von DDSP nach. Die experimentell induzierte DDSP war persistent (DDSP trat in Ruhe und nicht nur während der Belastung auf). Die persistente Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels verursachte bei den Pferden eine Dysphagie, ein Symptom, welches bei klinischen Fällen von intermittierender DDSP nicht beobachtet wird (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die histopathologischen Untersuchungen des *Palatinus*-Muskels von zwei Pferden mit DDSP wiesen Hinweise auf denervierende Veränderungen auf (DUCHARME und HOLCOMBE, 2001). Elektromyographische Studien zur Rolle des *Palatinus*- und *Palatopharyngeus*-Muskels während der Bewegung beim gesunden Pferd ergaben, dass diese Muskeln bei erhöhter Bewegungsintensität eine signifikant erhöhte expiratorische Aktivität aufweisen (HOLCOMBE et al., 2007). Es wird daher angenommen, dass der *Palatinus* und der *Palatopharyngeus*-Muskel für die Aufrechterhaltung der normalen Position des weichen Gaumens während der Atmung und

insbesondere während intensiver Bewegung wichtig ist. Eine weitere Theorie in Bezug auf die Ätiopathogenese von DDSP konzentriert sich auf die Dysfunktion von Strukturen außerhalb des weichen Gaumens. Es liegt nah, dass DDSP aufgrund einer reduzierten Kehlkopfelevation auftreten kann, die durch eine funktionelle Anomalie des *M. thyrohyoideus* und/oder eine suboptimale *basihyoideale* Position verursacht wird (DUCHARME et al., 2003; WOODIE et al., 2005a; CHALMERS et al., 2009). Der *M. thyrohyoideus* verläuft zwischen dem Zungenbeinapparat und dem Schildknorpel und seine Kontraktion dient dazu, den Kehlkopf anzuheben und nach rostral zu bewegen. Die bilaterale Durchtrennung des *M. thyrohyoideus* bei Versuchspferden führte bei sieben von 10 Pferden zu intermittierendem DDSP bei unterschiedlichen Trainingsintensitäten (DUCHARME et al., 2003). Das Einsetzen einer Prothese, die die Funktion des *M. thyrohyoideus* nachahmt, führte in der Folge bei fünf von sechs Pferden zu einer Auflösung der DDSP und bildete die Grundlage für die Entwicklung des laryngealen „Tie forward“-Operationsverfahrens (DUCHARME et al., 2003; WOODIE et al., 2005a). Mit Hilfe dieses chirurgischen Eingriffs soll der Kehlkopf in eine mehr rostrale und dorsale Position gebracht werden, um eine Dysfunktion des *M. thyrohyoideus* zu korrigieren (WOODIE et al., 2005a). Es ist jedoch nicht bekannt, ob und warum sich eine Dysfunktion der *Thyrohyoideus*-Muskeln bei einer natürlich auftretenden Erkrankung entwickelt (CERCONE et al., 2019). Die Studie von CERCONE et al. (2019) hatte zum Ziel, die Natur dieser Dysfunktion der *thyreohyoidealen* Muskulatur bei Rennpferden mit natürlich auftretender DDSP zu untersuchen. Für die Studie wurden 5 gesunde und 4 Rennpferde mit wiederholten Episoden einer intermittierenden dorsalen Disposition des weichen Gaumens untersucht. Ihnen wurden intramuskuläre Elektroden in die *Thyro-Hyoid*-Muskeln (TH-Muskeln) implantiert und mit einer subkutan implantierten telemetrischen Einheit zur elektromyographischen Überwachung verbunden (CERCONE et al., 2019). Die Tiere wurden mittels Endoskopie auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband aufgezeichnet und bewertet. Die elektromyographische Aktivität der Schilddrüsenmuskulatur wurde ermittelt, um die mittlere elektrische Aktivität und die mittlere Frequenz des Leistungsspektrums zu bestimmen (CERCONE et al., 2019). Diese Studie zeigt eine signifikante Reduktion der myoelektrischen Aktivität der *thyreoidealen* Muskulatur während des Trainings bei Pferden, die von einem DDSP betroffen sind, im Vergleich zu normalen Pferden (CERCONE et al., 2019). Die elektromyographische Aktivität der *thyreoidealen* Muskulatur steigt bei gesunden Pferden progressiv mit der Trainingsintensität an, was auf eine zunehmende Rekrutierung der Muskelfasern bei steigender Arbeitsbelastung hindeutet, und erreicht die maximale Intensität bei einer Herzfrequenz von 100/Schlägen in der Minute (CERCONE et al., 2019).

Im Gegensatz dazu erreichen Pferde mit *palatinaler* Dysfunktion einen anfänglichen Anstieg, gefolgt von einem Abfall der myoelektrischen Aktivität der *thyreoidealen* Muskulatur bei der

höchsten Belastungsintensität (CERCONE et al., 2019). Bei zwei Pferden erreichte die myoelektrische Aktivität kurz vor der Entwicklung der dorsalen Verschiebung des weichen Gaumens nur ein Minimum (CERCONE et al., 2019). Die elektromyographischen Kurven dieser Tiere zeigten bei höchster Belastungsintensität eine Abnahme der mittleren elektrischen Aktivität und der mittleren Leistungsfrequenz, mit einer progressiven Abnahme der hochfrequenten Wellen (CERCONE et al., 2019). Diese Beobachtung stimmt mit einer Übermüdung des Schilddrüsenmuskels überein. Die Analyse des Leistungsspektrums lässt vermuten, dass die *thyreoideale* Muskulatur hauptsächlich aus Typ-II-Fasern besteht (CERCONE et al., 2019). Dies unterstützt die Hypothese, dass bei betroffenen Pferden die schnell zuckenden Fasern schneller ermüden als bei den Kontrollpferden. Über die vorwiegend inspiratorische Aktivität der Muskulatur wurde bereits bei Hunden berichtet (VAN DE GRAAFF et al., 1984). Während der Belastung scheint die wesentliche Funktion der *thyreoidealen* Muskulatur darin zu bestehen, den Kehlkopf nach rostral und dorsal zu ziehen (CHEETHAM et al., 2009), um dem trachealen Zug entgegenzuwirken und ein Absinken des Kehlkopfes zu verhindern. Die Ergebnisse dieser Studie identifizierten Ermüdung als Hauptfaktor, der zu trainingsinduzierter Gaumeninstabilität und DDSP in einer Gruppe von Rennpferden führt. Weitere Studien sind jedoch erforderlich, um die Fasertypzusammensetzung und die metabolischen Eigenschaften dieser Muskeln zu untersuchen, die für Ermüdung prädisponierend sein könnten (CERCONE et al., 2019). Ein experimentelles Modell für intermittierende DDSP (manchmal mit vorausgehender PI), die bei hohen Trainingsintensitäten auftritt, beinhaltet eine perineurale Anästhesie des distalen *N. hypoglossus* auf Höhe der *Ceratohyoidknochens* (CHEETHAM et al., 2009). Dieses Modell induzierte in 10 von 19 Versuchen eine intermittierende DDSP. Es wird vermutet, dass die distale *N.-hypoglossus*-Blockade DDSP entweder durch die Ermöglichung einer kaudalen Retraktion des *Hyoidapparats* oder alternativ durch die Hemmung der Aktion des *Genioglossus*-Muskels, der die Zunge vorstreckt, induzieren kann (CHEETHAM et al., 2009). Die letztgenannte Theorie ist deshalb interessant, da beim Menschen bekannt ist, dass eine aktive Zungenprotrusion den Nasopharynx stabilisiert und erweitert (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Aktuellere Studien beziehen auch das Vorliegen anderer Grunderkrankungen als Ätiologie mit in die Forschung ein. Es ist wichtig, die oberen und unteren Atemwege als eine Einheit zu behandeln, da Erkrankungen der unteren Atemwege oft Funktionsstörungen der oberen Atemwege verursachen können, während Obstruktionen der oberen Atemwege ein Faktor für Probleme der unteren Atemwege sein könnten (JOO et al., 2021). In der Studie von JOO et al. (2021) sollte die Hypothese untersucht werden, ob asthmatische Erkrankungen eine zugrundeliegende Ursache für die Dorsalverschiebung des weichen Gaumens bei Pferden sein könnten. Freizeit- oder Sportpferde mit einer Anamnese von asthmatischen Erkrankungen wurden in der Exazerbationsphase der asthmatischen

Erkrankung untersucht und in Gruppen (leichtes bis mittelschweres und schweres Equines Asthma) eingeteilt. Bei allen Tieren wurde eine bronchoalveoläre Lavage durchgeführt, bakteriell positive Tiere wurden ausgeschlossen (JOO et al., 2021). Die oberen Atemwege wurden bei allen Pferden in Ruhe und während der Belastungsendoskopie untersucht. Es wurde festgestellt, dass mehr als 60 % der Pferde mit leichtem oder mittelschwerem Pferdeasthma und mehr als 79 % der Pferde mit schwerem Equinem Asthma während der Ruheendoskopie eine DDSP aufwiesen (JOO et al., 2021). Während der Belastungsendoskopie wurde DDSP in allen Fällen (100 %) von schwerem Equinem Asthma nachgewiesen. Diese Befunde unterstützen die Hypothese der Autoren, dass DDSP bei Pferden mit Equinem Asthma häufig auftritt (JOO et al., 2021). Sowohl ein zunehmender Unterdruck in den Atemwegen aufgrund von Bronchokonstriktion als auch inflammatorische Prozesse könnten Faktoren bei der Entwicklung von DDSP sein (JOO et al., 2021). Eine Untersuchung der gleichen Population in Remission könnte, den Autoren zufolge, weitere Erkenntnisse bringen (JOO et al., 2021).

2.2.2 Follikuläre pharyngeale Hyperplasie

Bei jungen Pferden weist das lymphoretikuläre Gewebe hyperämische, ödematöse Follikel am Dach und an den Wänden des Nasopharynx auf (RAKER und BOLES, 1978; KANNEGIETER und DORE, 1995). Die Lymphfollikel des Pharynx sind ein wichtiger Bestandteil des Abwehrmechanismus der Atemwege (KUMAR et al., 2001). Für die follikuläre pharyngeale Hyperplasie wurden in früheren Studien für die gesamte Rennpferdepopulation Prävalenzen zwischen 34,2 % und 37 % angegeben (SWEENEY et al., 1991; HOBBO et al., 1995). Sie tritt schon bei Fohlen ab einem Alter von 3 Monaten auf und damit in zeitlicher Übereinstimmung mit der Reifung des körpereigenen Immunsystems (FEY und OHNESORGE, 2016). Dies bedingt sinkende Prävalenzen mit steigendem Alter der Tiere (AUER et al., 1985; HOBBO et al., 1995; RAPHEL, 1982; SWEENEY et al., 1991). Die follikuläre Hyperplasie tritt in ihrer milden Form als eine physiologische, altersabhängige Reaktion auf inhalierte Allergene und Erreger auf (OHNESORGE und DEEGEN, 1994; VAN SLOET OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN et al., 2000). Die Follikel werden bei jungen Pferden in bis zu 98 % aller Fälle beobachtet, so dass die Bedeutung dieser Veränderung als Erkrankung in Frage zu stellen ist (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Hyperplasie von Follikeln wird vermutlich durch das Zusammenwirken von verschiedenen Faktoren wie Training, Stallwechsel und Krankheitskeimen verursacht (FEY und OHNESORGE, 2016). Jedoch kann die follikuläre pharyngeale Hyperplasie eine differenzialdiagnostische Bedeutung bei der Entstehung von Atemgeräuschen haben (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine schwerwiegende Vergrößerung des lymphatischen Gewebes erleichtert die Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (WISSDORF, 2010).

2.2.3 Pharynxkollaps

Der Pharynxkollaps ist eine dynamisch-stenotische Erkrankung, die unter forcierter Inspiration während der Belastung auftritt (BOYLE et al., 2006). Hierbei kollabieren die lateralen Pharynxwände nach axial oder das Rachendach nach ventral (BOYLE et al., 2006). Ebenso ist beschrieben, dass komplexe Formen mit einem Kollaps aller drei Pharynxwände in Kombination mit einer Aufwärtsbewegung des weichen Gaumens möglich sind. Dies führt zu einer zirkulären Einengung und einem verringerten Durchmesser des Nasopharynx (BOYLE et al., 2006). Aufgrund dieser Tatsache nutzten BOYLE et al. (2006) ein Bewertungsschema, mit dem die Autoren nicht nur die Anzahl der betroffenen Rachenwände, sondern auch die Stärke der Einwärtsbewegung klassifizierten. Ein Kollaps des dorsalen Pharynxdaches bis zu den *Processus corniculati* der Stellknorpel wird als normal erachtet (DUCHARME, 2005). Diese dynamische Stenose der oberen Atemwege ist eine eher seltene Erkrankung. In einer Studie bei Rennpferden, die laufbandendoskopisch aufgrund einer Leistungsinsuffizienz und/oder eines Atemgeräusches untersucht wurden, konnte eine Prävalenz von 1,3 bis 4 % festgestellt werden (KANNEGIETER und DORE, 1995; TAN et al., 2005; LANE et al., 2006a). In einer Arbeit von MARTIN et al. (2000) konnte dagegen ein Kollaps der Pharynxwände mit einer Prävalenz von 27 % festgestellt werden. Der höhere Prozentsatz wurde darauf zurückgeführt, dass bei den Trabrennpferden während der Untersuchung eine stärkere Flexion des Genicks erfolgte. Dies unterstützt die Theorie von BOYLE et al. (2006), dass eine stärkere Beugung des Genicks das klinische Krankheitsbild verstärkt. DAVIDSON et al. (2002), FRANKLIN et al. (2006) und VAN ERCK-WESTERGREN et al. (2005) berichten ebenso von einer höheren Prävalenz bei Pferden, die in gebeugter Kopf-Hals-Haltung belastet wurden. Auch STRAND et al. (2009) konnten den negativen Einfluss der Flexion im Genick bei ihrer Untersuchung an norwegischen Kaltblütern feststellen. Die Ursache des dynamischen Pharynxkollapses ist noch weitestgehend unklar. HOLCOMBE et al. (2001) konnten experimentell einen Pharynxkollaps durch eine lokale Anästhesie der Rachenschleimhaut hervorrufen. Dies führte zu der Vermutung, dass eine Beschädigung der Mechanorezeptoren in der Schleimhaut oder der Äste des *N. laryngeus cranialis* an der Entstehung der Erkrankung ursächlich beteiligt sein könnten (HOLCOMBE et al., 2001). In einer weiteren Studie induzierte die Anästhesie des *N. glossopharyngeus* mit konsekutiver Lähmung des *M. stylopharyngeus* einen Kollaps des Rachendaches (TESSIER et al., 2004). Dies ließ die Autoren schlussfolgern, dass eine Dysfunktion dieses Muskels ursächlich für das Krankheitsbild des dynamischen Pharynxkollapses ist (TESSIER et al., 2004).

Aktuelle Studien zur Sedation und Analgesie an stehenden Pferden stellten fest, dass intravenös verabreichtes Xylazin und topisches Lidocain einen dorsalen Pharynxkollaps hervorrufen. Lidocain sollte nur im Zielgebiet verwendet werden, um diese Nebenwirkung so

gering wie möglich zu halten (MANNEVEAU et al., 2018). Des Weiteren können systemische Erkrankungen oder Erkrankungen der Luftsäcke sekundär einen ein- oder beidseitigen Kollaps des Pharynxdaches zur Folge haben. So konnten CARR et al. (1996) bei Pferden mit generalisierter Muskelschwäche, hervorgerufen durch die hyperkaliämische periodische Paralyse, einen Pharynxkollaps feststellen.

2.3 Erkrankungen des Larynx

2.3.1 Recurrent laryngeal neuropathy (RLN)

Die Recurrent laryngeal neuropathy, besser bekannt als „roaring“ (Brüllen) oder laryngeale Hemiplegie, ist seit hunderten von Jahren als dynamische laryngeale Dysfunktion bekannt (PARENTE, 2018), die die Fähigkeit des Pferdes zu atmen einschränkt und in Belastung ein inspiratorisches Atemstenosegeräusch erzeugt (MARKS et al., 1970a; DUCHARME und HACKETT, 1991; REUTTER et al., 1994). Die RLN gilt als zweithäufigste Diagnose dynamischer Obstruktionen der oberen Atemwege bei Rennpferden mit Leistungsschwäche (LANE et al., 2006 a; TAMZALI, 2005). Die Prävalenz wird bei Vollblütern mit 1,8 % bis 8 % (LANE 1987; RAPHEL 1982) und bei Kaltblütern aus einer nicht selektierten Population mit 35 % angegeben (BRAKENHOFF et al., 2006). Die RLN entwickelt sich in der Mehrzahl der Fälle im Verlauf der ersten 5–6 Lebensjahre der Pferde (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Nervenerkrankung hat ihre Ursache im Verlust der Myelinscheiden der myelinisierten Nervenfasern (distale Axonopathie) im Endbereich des N. laryngeus recurrens (FEY und OHNESORGE, 2016). Hierbei handelt es sich um eine degenerative Erkrankung des N. *laryngeus recurrens*. Insbesondere großrahmige Rassen wie Vollblüter und Kaltblüter sind davon betroffen (GOULDEN, 1985). Die Krankheit ist durch eine bevorzugte Degeneration des linken gegenüber dem rechten N. *laryngeus recurrens* (CAHILL und GOULDEN, 1986; DUNCAN et al., 1978) gekennzeichnet. Diese führt zu einer Parese oder in schweren Fällen zu einer Lähmung der linken intrinsischen Kehlkopfmuskulatur. Durch die Lähmung kommt es zu einer unvollständigen Abduktion des linken *Aryknorpels* (Abb. 7) und einer unzureichenden Spannung der linken Stimmfalte, die für einen ungehinderten inspiratorischen Luftstrom unerlässlich ist. Die Erkrankung führt zu einem Leistungsverlust bei Pferden, die maximaler Belastung ausgesetzt werden, und tritt insbesondere bei Rennpferden auf (TAYLOR et al., 2006).



Abbildung 7: Lähmung des linken Aryknorpels im endoskopischen Bild (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

In vielen Studien wurden RLN-assoziierte neuropathologische Veränderungen in beiden Nerven (links stärker als rechts) bei klinisch nicht betroffenen Pferden identifiziert, was verschiedene Autoren zu der Annahme veranlasste, dass es sich bei der Mehrheit der nicht betroffenen Pferde tatsächlich um subklinische Fälle handelt (CAHILL und GOULDEN, 1986; DUNCAN et al., 1978; DUNCAN und GRIFFITHS, 1973). Die Mechanismen, die zu den unterschiedlichen Schweregraden (von subklinisch bis schwer) bei Pferden führen, sind weitgehend unbekannt. Die Identifizierung vieler subklinischer Fälle erschwert die Fallauswahl für „nicht betroffene“ Kontrolltiere in der Forschung. Als ein offensichtlicher Risikofaktor wird die Größe des Pferdes erachtet, da diese als signifikanter Einfluss zum RLN-Status beiträgt, wobei größere Pferde ein höheres Risiko haben (GOULDEN, 1985). Am stärksten korrelierten mit RLN in einer Studie die Körpergröße mit dem Körpergewicht und der ventralen Halslänge und bei gesunden Kontrolltieren das Körpergewicht mit dem rostralen Halsumfang (MC GIVNEY et al., 2019). Es ist unklar, ob die Größe selbst der Hauptrisikofaktor oder einfach eine Kovariate für die Nervenlänge ist. Männliche Pferde sind häufiger betroffen als weibliche Tiere (CAHILL und GOULDEN, 1986; COOK, 1965). Als Ursache liegen genetische Risikofaktoren nahe, da die Erbllichkeit von RLN je nach betroffener Rasse zwischen 8 und 40 % liegt (BARAKZAI, 2009). Allerdings konnten bislang keine spezifischen Risikoallele identifiziert werden (DUPUIS et al., 2011, 2013). Die nachgewiesene hohe Heritabilität (0,61) für die RLN könnte möglicherweise auf vererbte regulatorische Störungen im neuronalen Stoffwechsel zurückzuführen sein (FEY und OHNESORGE, 2016). In der Tat ist sehr wenig

über die Ursache der RLN bekannt (CAHILL und GOULDEN, 1987). In der Vergangenheit wurden verschiedene Ätiologien diskutiert, neben mechanischem Stress (ROONEY und DELANEY, 1970), ischämischen Nervenschäden (DUNCAN et al., 1978) oder Druckschäden (DUNCAN et al., 1978) wurden unter anderem auch infektiöse Geschehen (CAHILL und GOULDEN, 1987), Vitaminmangel (LOEW, 1973) und toxische Insulte diskutiert (BURROWS, 1982; CAVANAGH, 1984; DUNCAN und BROOK, 1985; FLEMING, 1889). Die RLN wird in der Vergangenheit durchgängig als periphere Neuropathie beschrieben, jedoch ohne eine genauere Klassifizierung, die den primären Defekt beschreibt (GRIFFITHS, 1991; HAHN et al., 2008). Arbeitsgruppen waren sich uneinig darüber, inwiefern die RLN lediglich als Mononeuropathie (*N. recurrens*) zu betrachten ist oder ob andere periphere Nerven ebenso betroffen sind (Polyneuropathie) (DUNCAN et al., 1978; CAHILL und GOULDEN, 1986; CAHILL und GOULDEN, 1989; DUNCAN, 1992; HAHN et al., 2008). Des Weiteren ist bislang unklar, ob die Degeneration innerhalb des Axons oder in der Myelinscheide beginnt. Dieses Wissen ist allerdings entscheidend für mögliche Therapieansätze (DRAPER und PIERCY, 2018). Zum Beispiel werden molekulare Therapien für ähnliche periphere Neuropathien beim Menschen entwickelt. Zum Beispiel für die Gruppe der peripheren Neuropathien, die als Charcot-Marie-Tooth-Krankheiten (EKINS et al., 2015) bekannt sind (DRAPER und PIERCY, 2018). Ein Schlüsselement für die Entwicklung dieser Therapien ist das Verständnis, wo die Degeneration beginnt (d. h. im Nervenzellkörper, Axon, Synapse, Myelinscheide oder Glia), um eine gezielte Behandlung zu ermöglichen (DRAPER und PIERCY, 2018). In Bezug auf die RLN beim Pferd gibt es in aktuellen Studien zudem häufig Limitationen (z. B. Auswahl adäquater Kontrollgruppen, fehlende Kontrollgruppen, mangelnde Verblindung bei subjektiv erhobenen histopathologischen Merkmalen oder fehlende statistische Signifikanz), welche die Aussagekraft dieser beeinflussen (DRAPER und PIERCY, 2018).

2.3.2 Epiglottisentrapping

Die *Epiglottis* ist mit Schleimhaut überzogen, die dorsal eng, ventral lose anliegt und kleine Querfalten bildet. Diese Falten gehen in die *Plica glossoepiglottica* über (WAIBL, 2004). Die leicht gefaltete Schleimhaut ermöglicht während des Schluckaktes eine uneingeschränkte Beweglichkeit der *Epiglottis* nach dorsal und kaudal. Lateral der *Epiglottis* geht die Schleimhaut in die *Plica aryepiglottica* über (BOLES et al., 1978, Abb. 4 B). Beim sogenannten Entrapping wird der Kehledeckel von der *subepiglottalen* Schleimhaut und den *Aryepiglottisfalten* so umhüllt (Abb. 8), dass seine freien Ränder nicht mehr zu erkennen sind (BOLES et al., 1978). Equiden mit einem *Epiglottisentrapping* zeigen ein in- und expiratorisches Atemgeräusch. Dies wird durch die Vibrationen der Schleimhaut, die den Kehledeckel umhüllt, hervorgerufen (HAYNES, 1983; KANNEGIETER und DORE, 1995). Bei manchen Pferden kann ein intermittierendes Entrapping der *Epiglottis* in Kombination mit

einer intermittierenden oder permanenten Gaumensegelverlagerung beobachtet werden (HAYNES, 1983; KANNEGIETER und DORE, 1995). Insgesamt ist diese Erkrankung bei Rennpferden mit einer Prävalenz von 0,1 bis 2 % sehr selten (BROWN et al., 2005; MARTIN et al., 2000; RAPHEL, 1982; SWEENEY et al., 1991).



Abbildung 8: *Epiglottisentrappedment* im endoskopischen Bild
(Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

Das *Epiglottisentrappedment* wird in einer permanenten oder habituellen bzw. intermittierenden Form beschrieben und die Häufigkeit wird von FEY und OHNESORGE (2016) für Vollblüter mit ca. 1–2 % angegeben. Das *Epiglottisentrappedment* tritt in den meisten Fällen (97 %) permanent auf (RAPHEL, 1982; SWEENEY et al., 1991; MARTIN et al., 2000; BROWN et al., 2005). In seltenen Fällen tritt das *Entrappedment* der *Epiglottis* intermittierend unter Belastung im Sinne einer dynamisch-stenotischen Erkrankung der oberen Atemwege auf (MORRIS und SEEHERMANN, 1991; KANNEGIETER und DORE, 1995). Die Pathogenese dieser Erkrankung ist bislang nur unzureichend geklärt. Als Ursache wurden in der Vergangenheit neben Entzündungen der Schleimhaut unter der *Epiglottis*, *Subepiglottiszysten*, einer *Epiglottishypoplasie* (HAYNES, 1983; LINFORD et al., 1983) auch eine geringe Stabilität der *Epiglottis* in Betracht gezogen (BOLES et al., 1978; LUMSDEN et al., 1994).

2.3.3 Axiale Deviation der *Plica aryepiglottica*

Bei dieser Erkrankung kommt es während der Inspiration zu einer ein- oder beidseitigen axialen Abweichung der Schleimhautfalte zwischen der *Epiglottis* und dem *Aryknorpel* (KANNEGIETER und DORE, 1995; KING et al., 2001). Die axiale Deviation der *Plica aryepiglottica* wird häufig alleine (KANNEGIETER und DORE, 1995; MARTIN et al., 2000; KING et al., 2001; TAN et al., 2005; LANE et al., 2006 a), aber auch in Kombination mit verschiedenen anderen dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege diagnostiziert (TAN et al., 2005; LANE et al., 2006 a). Betroffene Patienten können ein inspiratorisches, hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch, ähnlich dem eines *Aryknorpel*- und Stimmfaltenkollapses, zeigen. Je nach Schwere der Erkrankung kann diese mit einer Leistungsschwäche einhergehen (FRANKLIN, 2008). Bei verschiedenen laufband-endoskopischen Untersuchungen an Rennpferden mit dem Vorbericht einer Leistungsinsuffizienz oder eines Atemgeräusches tritt die Erkrankung mit einer Häufigkeit zwischen 5 und 55 % auf (KANNEGIETER und DORE, 1995; MARTIN et al., 2000; KING et al., 2001; TAMZALI, 2005; TAN et al., 2005). KING et al. (2001) konnten bei 83 % der erkrankten Pferde ein Atemgeräusch und bei allen Patienten eine Leistungsschwäche feststellen. Die Erkrankung wird in erster Linie bei Rennpferden diagnostiziert, ist aber laut FRANKLIN et al. (2006) auch bei Pferden anderer Rassen und Nutzungsrichtungen zu finden. Die Ätiologie einer axialen Deviation der *Plica aryepiglottica* ist weitestgehend unklar. Die *Plica aryepiglottica* enthält neben Schleimhaut muskuläre Strukturen. LANE et al. (2006a) und FRANKLIN (2008) gingen davon aus, dass eine Überdehnung der Schleimhautdoppelschicht (und der damit verbundene Spannungsverlust) oder ein Übermaß an Gewebe für ihre axiale Deviation verantwortlich sein könnten. Ebenso wird von FRANKLIN (2008) vermutet, dass eine Fehlfunktion der *Aryknorpel* oder der *Epiglottis* eine mögliche Ursache sein könnte. PARENTE et al. (1994) sahen einen Zusammenhang zwischen der Dysfunktion des Gaumensegels und der axialen Deviation der *Plica aryepiglottica*. KING et al. (2001) konnten bei ihren Untersuchungen keinen Zusammenhang mit dem Auftreten anderer Erkrankungen der oberen Atemwege feststellen. Die Autoren äußerten den Verdacht, dass eine unzureichende muskuläre Entwicklung oder eine muskuläre Ermüdung eine Rolle bei der Entstehung spielt (KING et al., 2001). Der Grund hierfür war neben einer höheren Prävalenz der Erkrankung bei jungen Pferden eine Verbesserung des Krankheitsbildes nach einer Ruhepause (KING et al., 2001). Andere Autoren beschreiben, dass histologische Untersuchungen der *Aryepiglottis*falten von betroffenen Equiden fokale Entzündungen und Ödeme zeigten. Es bleibt aber unklar, ob diese Veränderungen Ursache oder Folge der axialen Deviation der *Plica aryepglotica* sind (MC CLUSKIE et al., 2006).

2.3.4 Retroversion der Epiglottis

Bei dieser Erkrankung kommt es zu einem Zurückschlagen der *Epiglottisspitze* während der Inspiration (PARENTE et al., 1998). Daraus resultiert ein partieller Verschluss der *Rima glottis* (PARENTE et al., 1998). Durch diese Stenose entsteht ein lautes inspiratorisches Atemgeräusch (PARENTE et al., 1998). Je nach Schweregrad der Obstruktion können die betroffenen Tiere eine Leistungsinsuffizienz und Dyspnoe aufweisen (PARENTE et al., 1998). Während der Expiration kehrt die *Epiglottisspitze* wieder in ihre physiologische Position zurück (HOLCOMBE et al., 1997). Die Retroversion der *Epiglottis* ist eine sehr selten vorkommende Erkrankung (PARENTE et al., 1998). Diese wurde von PARENTE et al. (1998) als Grund für eine dynamisch-stenotische Obstruktion der oberen Atemwege bei zwei Pferden beschrieben. Auch andere Autoren konnten in ihren belastungsendoskopischen Untersuchungen von Pferden mit einem Atemgeräusch nur sehr selten eine Retroversion der *Epiglottis* feststellen (DART et al., 2001; TAN et al., 2005). Die Ursachen der Entstehung sind bisher noch nicht vollständig geklärt. PARENTE et al. (1998) berichteten von einem Auftreten der Erkrankung bei zwei Pferden nach einer Infektion der oberen Atemwege. In einer Studie konnte bei gesunden Pferden die Retroversion der *Epiglottis* durch eine Anästhesie des *N. hypoglossus* und des *N. glossopharyngeus* induziert werden (HOLCOMBE et al., 1997). Diese beiden Nerven innervieren unter anderem den *M. geniohyoideus* und den *M. hyoepiglotticus* (HOLCOMBE et al., 1997). Aufgrund dieser Resultate wurde vermutet, dass ein Zusammenhang zwischen der motorischen Fehlfunktion des *M. hyoepiglotticus* und der Entstehung des klinischen Krankheitsbildes besteht (HOLCOMBE et al., 1997; PARENTE et al., 1998). FRANKLIN et al. (2006) vermuteten des Weiteren einen Zusammenhang zwischen der Kopf-Hals-Position und dem Auftreten der Erkrankung. Die Autoren beobachteten in ihrer Studie in zwei von drei Fällen das Krankheitsbild im Zusammenhang mit einer starken Flexion des Genicks (FRANKLIN et al., 2006)

2.4. Diagnostik der Erkrankungen von Pharynx und Larynx

2.4.1 Diagnostik der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels

2.4.1.1 Klinik

Die Dorsalverlagerung des Gaumensegels kann sowohl habituell als auch permanent auftreten. Sie geht mit einer nahezu pathognomonischen Symptomatik einher (FEY und OHNESORGE, 2016). Schlägt das Gaumensegel während einer Belastung nach dorsal, führt dies neben einem Atemgeräusch auch zu einem plötzlichen Leistungseinbruch. Bei Galopp- und Trabrennpferden wird dieses Phänomen als „Chocking up“ typischerweise in der Endphase eines Rennens bei maximaler Belastung beobachtet. Das „Stehenbleiben“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Pferd das Rennen nicht mit normaler

Renngeschwindigkeit beenden kann (FEY und OHNESORGE, 2016). Weitere Begriffe für den plötzlichen Leistungsabfall des Pferdes sind „go backwards“ (rückwärtsgehen) oder „pull up“ (hochziehen). Die Begriffe sind nicht wörtlich zu nehmen, sondern bedeuten, dass das Pferd dem Reiter/Fahrer die Zügel aus der Hand zieht (BARAKZAI und HAWKES, 2010). In 70–80 % (DERKSEN et al., 2001; FRANKLIN et al., 2004) der Fälle ist die schlechte Leistung mit einem expiratorischen Atemgeräusch verbunden, das von Trainern oder Jockeys oft als „Schnarchen“ (snoring), „Gurgeln“ (gurgling), „Würgen“ (choking) oder „Verschlucken der Zunge“ (swallowing the tongue) beschrieben wird (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Das Hochschlagen des Gaumensegels führt zu einer unphysiologischen Strömung der Atemluft mit einer Einengung der oberen Atemwege. Diese verursacht besonders bei Belastung des Pferdes ein sehr lautes, krankheitstypisches, vor allem expiratorisch schlotterndes Atemgeräusch (FEY und OHNESORGE, 2016). Am Ende der Belastung kann das Atemgeräusch ebenso plötzlich, unmittelbar nach einem Schluckakt, verschwinden. Bei permanenter Dorsalverlagerung ist in manchen Fällen bereits in Ruhe ein Atemgeräusch hörbar (FEY und OHNESORGE, 2016). Tritt eine habituelle Dorsalverlagerung des Gaumensegels nicht nur während der Belastung, sondern auch in Ruhe während der Futteraufnahme auf, kann dies aufgrund der Aspiration von Futterpartikeln zu Hustenanfällen führen (FEY und OHNESORGE, 2016). Betroffene Pferde können nach der Futteraufnahme einen futtrigen Nasenausfluss zeigen. Auch bei permanentem DDSP können diese Symptome auftreten (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.4.1.2 Geräuschanalyse

Forschungsbemühungen zur Atemgeräuschanalyse (DERKSEN et al., 2001; DERKSEN 2003; FRANKLIN et al., 2003, 2004) waren vielversprechend, da DDSP-Pferde in der Regel ein breitfrequentes expiratorisches Atemgeräusch produzieren, das durch eine schnelle Periodizität (Rasseln) während der gesamten Expiration gekennzeichnet ist. Dieses Geräusch wurde jedoch nicht durchgängig bei allen Pferden festgestellt, was nicht überrascht, wenn man bedenkt, dass bis zu 30 % der Pferde als „stille Verlagerer“ bekannt sind (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Folglich kann die Rate an falsch-negativen Diagnosen mit Hilfe der Geräuschanalyse ziemlich hoch sein und die Verwendung der Belastungsendoskopie ist vorzuziehen (BARAKZAI und HAWKES, 2010).

2.4.1.3 Bildgebung

Endoskopie in Ruhe

Eine gründliche endoskopische Untersuchung des Nasopharynx in Ruhe dient dazu, physische Ursachen für palatinale Dysfunktionen auszuschließen, wie z. B. pharyngeale Zysten, *Epiglottis* Entrapment oder pharyngeale Lähmungen (BARAKZAI und HAWKES,

2010). DDSP und PI sind dynamische Stenosen, weshalb die Befunde der Ruheendoskopie sehr schlecht mit dynamischen endoskopischen Befunden korrelieren (PARENTE et al., 2002; LANE et al., 2006b; BARAKZAI und DIXON, 2010). Pferde, die eine Gaumensegelverlagerung in Ruhe zeigen, sind in der dynamischen Endoskopie oft unauffällig. Umgekehrt können viele Pferde, die bei der endoskopischen Untersuchung in Ruhe keine Befunde aufweisen, bei Belastung eine DDSP entwickeln (PARENTE et al., 2002; LANE et al., 2006 b; BARAKZAI und DIXON 2010). Es sollte berücksichtigt werden, dass die Passage des Endoskopes sehr häufig zu einer vorübergehenden DDSP führt, wenn das Endoskop in die Trachea eingeführt wird, so dass eine DDSP kurzfristig sichtbar ist, wenn das Endoskop anschließend in den Nasopharynx zurückgezogen wird (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die meisten Pferde korrigieren dieses DDSP mit Schlucken innerhalb weniger Sekunden; daher sollte dieser Befund nicht als signifikant angesehen werden (BARAKZAI und HAWKES, 2010). In einer Studie wurde berichtet, dass die Berücksichtigung der charakteristischen Anamnese sowie die Verwendung der Befunde der Ruheendoskopie allein zu einer 35%igen Fehldiagnoserate einer Gaumenfunktionsstörung im Vergleich zu den Befunden der Laufbandendoskopie führte (LANE et al., 2006 b).

Endoskopie unter Belastung

Die Hochgeschwindigkeits-Laufbandendoskopie ist seit gut 30 Jahren der Goldstandard für die Diagnose von DDSP und PI (KANNEGIETER und DORE, 1995; TAN et al., 2005; LANE et al., 2006 a, b). Bei klinisch gesunden Pferden kann sich das Gaumensegel während der Belastung und insbesondere beim Beschleunigen vorübergehend verlagern. Ein gesundes Pferd schluckt jedoch typischerweise und verlagert den Gaumen schnell in eine *subepiglottische* Position zurück, wohingegen das DDSP erst diagnostiziert wird, wenn das Gaumensegel länger als acht Sekunden dorsal über der Epiglottis bleibt (REHDER et al., 1995). Die Entwicklung von tragbaren, telemetrischen, endoskopischen Systemen bietet eine alternative Methode zur Visualisierung der oberen Atemwege während der Belastung (FRANKLIN et al., 2008; DESMAIZIERES et al., 2009; POLLOCK et al., 2009). Hinsichtlich der Korrelation zwischen Laufband- und Overgroundendoskopie wurden Bedenken geäußert. Zwei Studien berichteten, dass das DDSP bei der Overgroundendoskopie seltener diagnostiziert wurde als bei der Laufbandendoskopie (ALLEN und FRANKLIN, 2009; VAN ERCK-WESTERGREN et al., 2009). Dies wurde auf die Tatsache zurückgeführt, dass Aufgrund der Länge der verfügbaren Galoppstrecken die Overgroundendoskopie der Pferde während des Trainings über mehrere kurze Intervalle durchgeführt wurde. Dies machte es schwieriger, die Pferde bis zur Ermüdung zu belasten (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die Laufbandendoskopie kann hingegen über lange Strecken mit höheren Steigungen, wenn auch mit niedrigeren Geschwindigkeiten als bei der Overgroundendoskopie, durchgeführt werden

(BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die Schlussfolgerung ist, dass bei der Interpretation negativer Befunde bei beiden Verfahren Vorsicht geboten ist, aber insbesondere bei der Overground-Endoskopie, wenn die Rennbedingungen nicht angemessen repliziert werden können (BARAKZAI und HAWKES, 2010).

Ultraschall

CHALMERS et al. berichteten 2009 von einem signifikanten Zusammenhang zwischen der mittels Ultraschall gemessenen Tiefe des Basihyoids am kaudalen Aspekt des Zungenfortsatzes in Ruhe und dem Auftreten von DDSP bei Belastung. Ein in Ruhe sonographisch mehr ventral gelegenes Basihyoid war mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit des Auftretens von DDSP während der Laufbandendoskopie verbunden (CHALMERS et al., 2009). Dieser diagnostische Test hatte einen hohen negativen prädiktiven Wert (89 %), aber einen niedrigen, positiven, prädiktiven Wert (36 %). Dies bedeutet, dass in einer ähnlichen Population wie der von den Autoren untersuchten DDSP mit angemessener Sicherheit mit Hilfe des laryngealen Ultraschalls ausgeschlossen werden kann (CHALMERS et al., 2009). Es ist aber Vorsicht geboten, wenn eine positive Diagnose von DDSP mit dieser Methode gestellt wird (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Es ist noch nicht ausreichend bekannt, ob ein mehr ventral gelegenes Basihyoid bei Pferden mit Gaumendysfunktion Ursache oder Wirkung ist (BARAKZAI und HAWKES, 2010).

Weiterführende Bildgebung: Röntgen-, CT-, MRT-Untersuchungen beim Pferd

Die Dorsalverlagerung des Gaumensegels kann röntgenologisch, ggf. unter Verwendung eines Kontrastmittels, diagnostiziert werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Mit Hilfe dieser Bildgebung kann ebenso die Größe der Epiglottis ermittelt werden. Hierfür werden üblicherweise laterolaterale Röntgenaufnahmen angefertigt (FEY und OHNESORGE, 2016, Abb. 9). Wenn die Größe und Ausdehnung von Veränderungen in diesem Bereich durch die vielfältigen Überlagerungen nur unbefriedigend erkennbar sind, kann bei solchen Patienten eine Computertomographie (CT)-Untersuchung (am stehenden sedierten Pferd oder in Allgemeinanästhesie) die Befunderhebung und Diagnosestellung erleichtern (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Aussagekraft insbesondere bei funktionellen Erkrankungen der oberen Atemwege ist im CT aber eher gering (FEY und OHNESORGE, 2016). Für die Magnetresonanztomographie (MRT)-Untersuchung der oberen Atemwege sind zum Teil offene MRT-Systeme aus der Humanmedizin im Einsatz. Die Positionierung des Pferdekopfes in einer engen MRT-Röhre ist schwierig und die Anfertigung von verwertbaren Bildern in unterschiedlichen Sequenzen zeitaufwendig (FEY und OHNESORGE, 2016). Die MRT-Untersuchung hat im Vergleich zur CT-Diagnostik bisher für den Bereich der oberen Atemwege noch keine breite Anwendung gefunden. Die Notwendigkeit einer längeren

Allgemeinanästhesie reduziert die Akzeptanz dieses Untersuchungsverfahrens (FEY und OHNESORGE, 2016).

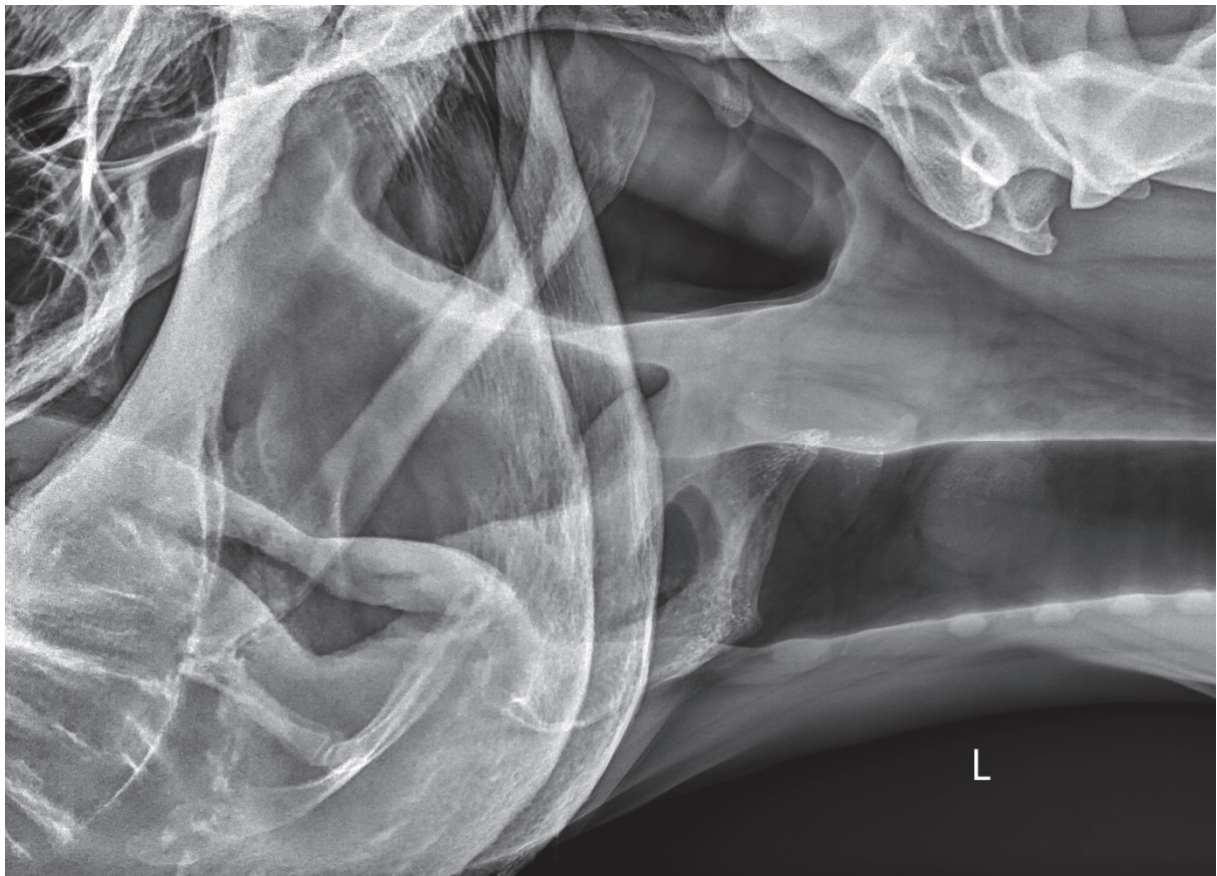


Abbildung 9: Laterale Röntgenaufnahme eines (an DDSP erkrankten) Pferdekehlkopfes (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

2.4.2 Diagnostik der follikulären pharyngealen Hyperplasie

Im Zusammenhang mit besonders schweren Erkrankungsfällen wurden Atemgeräusche und/oder Leistungsschwäche beobachtet (BAYLY et al., 1984; KANNEGIETER und DORE, 1995). Das Auftreten von Atemgeräuschen infolge einer follikulären Hyperplasie wird mehrfach beschrieben (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine Beeinträchtigung der Atmung ist dann zu erwarten, wenn eine große Anzahl von Follikeln zu einer Lumeneinengung führt oder einzelne Follikel sehr groß sind (FEY und OHNESORGE, 2016). Nach RAKER (1975) und RAKER und BOLES (1978) erfolgt die Diagnose der follikulären Hyperplasie mittels Endoskopie und wird in Abhängigkeit von ihrem Schweregrad in fünf Grade eingeteilt.

2.4.3 Diagnostik des Pharynxkollapses

Patienten mit einem dynamischen Pharynxkollaps zeigen raue oder musikalische Atemgeräusche während der Inspiration (FRANKLIN, 2008). Meist weisen Tiere mit dieser dynamisch-stenotischen Erkrankung klinisch eine Leistungsintoleranz auf (DUCHARME,

1991; KANNEGIETER und DOORE, 1995; MARTIN et al, 2000; BOYLE et al., 2006). Eine gesicherte Diagnose kann nur unter Belastung erhoben werden, d. h. mittels Laufbandendoskopie oder Overgroundendoskopie (BOYLE et al., 2006). Die Anzahl der beteiligten Wände und deren maximaler Vorfall nach axial werden zur Einteilung herangezogen (BOYLE et al., 2006). Es gibt zwei Bewertungsklassen. Die erste bewertet die Anzahl der betroffenen Pharynxwände (Grad 0 = normaler Pharynx, Grad 1 = Abweichung von einer Pharynxwand, Grad 2 = Abweichung von zwei Pharynxwänden, Grad 3 = Abweichung von drei Pharynxwänden, Grad 4 = vollständiger Kollaps) (BOYLE et al., 2006). Die zweite Einstufungsskala bewertete den Schweregrad der Glottisobstruktion (leichte Obstruktion ist gleichbedeutend mit einem Verschluss des Pharynx zur Rima Glottis, eine geringfügige Obstruktion blockiert 30 % der Glottis, hochgradige Obstruktionen blockierten 50 % der Glottis (BOYLE et al., 2006). Eine schwere Obstruktion liegt bei einem vollständigen Verschluss des Pharynx vor, wobei die gegenüberliegenden Rachenwände sich gegenseitig berühren (BOYLE et al., 2006). Einige Pferde mit gesicherter Diagnose unter Belastung auf dem Laufband zeigen in der Ruheendoskopie während nasaler Okklusion ebenfalls einen Pharynxkollaps (FRANKLIN, 2008). Dieser konnte jedoch auch bei völlig gesunden Tieren dokumentiert werden (FRANKLIN, 2008). Demnach sollte diesem Befund nur eine geringe Bedeutung beigemessen werden.

2.4.4 Diagnostik der Recurrent laryngeal neuropathy

2.4.4.1 Klinik

Vor der Untersuchung ist eine genaue Anamnese des Atemgeräusches unter Belastung notwendig. Es werden die Dauer der Erkrankung und deren Verlauf, besonders hinsichtlich einer Verstärkung der Symptome, über Beeinflussung der Leistungsfähigkeit des Tieres und einer möglichen Veränderung der Stimme erfragt (FEY und OHNESORGE, 2016). Das entscheidende Symptom bei der klinischen Untersuchung ist das hörbare inspiratorische „ch“-Stenosegeräusch. Das sog. Roaren, Pfeifen, Schnarchen oder Grunzen zeigt sich nur während körperlicher Belastung (FEY und OHNESORGE, 2016). Während die geringgradige Kehlkopflähmung zwar häufig zu einem mehr oder weniger deutlichen, eher hochfrequenten Atemgeräusch, aber noch nicht zwangsläufig zu einer Leistungsinsuffizienz führt, zeigen Pferde mit einer vollständigen linksseitigen Lähmung bei Belastung einen lauten laryngealen, tieffrequenten Stridor und abhängig von der Nutzungsart auch eine Einschränkung der Leistungsfähigkeit (FEY und OHNESORGE, 2016). Das Geräusch verschwindet schnell nach Ende der Belastung (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.4.4.2 Geräuschanalyse (Belastungsuntersuchung)

Die Belastung kann entweder durch versammeltes Reiten oder durch abwechselndes Longieren auf der rechten oder linken Hand, vorzugsweise mit ausgebundem Kopf, erfolgen. Die Belastung muss so lange andauern, bis eine angestrengte Atmung eintritt (FEY und OHNESORGE, 2016). Belastungsuntersuchungen sollten in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand möglichst standardisiert erfolgen (FEY und OHNESORGE, 2016). Ein trainiertes Pferd sollte mindestens 15 Minuten an der Longe belastet werden (überwiegend Galopp mit kurzen Trabphasen). Durch ein Standardprotokoll (z. B. ausgebunden je 5 Minuten auf beiden Händen, dann unausgebunden je 2,5 Minuten auf beiden Händen im Galopp) kann die Vergleichbarkeit der Untersuchungen verbessert werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Ausbindung sollte dabei nicht über die Senkrechte hinausgehen (FEY und OHNESORGE, 2016). Bei vorberichtlichem Hinweis, dass ein abnormes Geräusch nur bei starker Einbeugung unter dem Reiter oder unter anderen Bedingungen auffällt, sollte diese Situation nachgestellt werden (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.4.4.3 Palpation des Pferdekehlkopfes

Palpatorisch kann in fortgeschrittenen Fällen eine Asymmetrie der dorsalen Kehlkopfmuskulatur auf der erkrankten Seite ertastet werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine Muskelatrophie des *M. cricoarytenoideus dorsalis* (sekundär zur Neuropathie) ist im Vergleich zur normalen rechten Seite oft tastbar, aber diese Diagnostik erfordert ein gewisses Maß an Erfahrung und ist zudem subjektiv (PARENTE, 2018).

2.4.4.4 Bildgebung

Endoskopie

Die Endoskopie der oberen Atemwege im Ruhezustand ist der Goldstandard zur Diagnostik der RLN und wird es wahrscheinlich auch in den kommenden Jahren bleiben (PARENTE, 2018). RLN manifestiert sich als unvollständige Abduktion/Adduktion typischerweise des linken *Arytenoids*. Dies lässt sich am einfachsten unmittelbar nach der Beobachtung eines induzierten Schluckaktes beurteilen, der bei normalen Pferden zu einer beidseitigen symmetrischen Abduktion des *Arytenoids* führen sollte (PARENTE, 2018). Die Ruheendoskopie kann durch den Slap-Test ergänzt werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Beim Slap-Test führt ein Schlag auf die dorsale Thoraxwand während der Endoskopie zu einer erkennbaren reflektorischen Adduktion des kontralateralen Aryknorpels (FEY und OHNESORGE, 2016). Im Vergleich zur Beurteilung der abduktorischen Bewegung bei der Inspiration ist die Aussagekraft dieses Tests jedoch von untergeordneter Bedeutung (FEY und OHNESORGE, 2016). Während das Vorhandensein einer RLN eine eindeutige Diagnose ist, so ist die Gradeinteilung der Dysfunktion nicht immer eindeutig. Daher kann eine leichte

Dysfunktion beim Pferd in Ruhe auch als normal fehlinterpretiert werden (PARENTE, 2018). Der Grad der Dysfunktion wird sich im Laufe der Zeit ändern und durch bestimmte Trainingsbedingungen weiter verschlechtern. Die Dysfunktion sollte als potenziell einschränkendes Leistungsproblem im Zusammenhang mit der spezifischen Art der Leistung betrachtet werden (PARENTE, 2018). Der Grad der Dysfunktion, der bei einer Ruheendoskopie eines Pferdes beobachtet wird, kann einen gewissen Hinweis darauf geben, wie die Kehlkopffunktion während der Belastung sein wird (PARENTE, 2018). Es wurden viele Bewertungssysteme für die Kehlkopfbewegung beim Pferd während einer endoskopischen Untersuchung in Ruhe entwickelt (PARENTE, 2018, Tab. 1 nach DIXON et al., 2003 und Tab. 8 nach HAVEMEYER et al., 2004). Das Havemeyer-System wurde von einem internationalen Expertengremium entwickelt und ist wahrscheinlich das bis heute am häufigsten verwendete System (ROBINSON, 2004). Das Bewertungssystem versucht Pferde auf der Grundlage ihrer Kehlkopfbewegung in Ruhe zu kategorisieren. Das Ziel ist es, eine direkte Korrelation zu den Kategorien zu haben und vorausszusagen, wie die Kehlkopffunktion während der Belastung sein wird. Obwohl Klassifizierungssysteme für die Kehlkopfbewegung in Ruhe als objektive Maßstäbe gedacht sind, sind sie dennoch subjektiv und können nutzerabhängig sein (PARENTE, 2018). Dies liegt darin begründet, dass die Kehlkopfbewegung eine Reaktion auf Manipulationen mit dem Endoskop ist (PERKINS et al., 2009). Erst 1991 wurden die ersten Korrelationen zwischen dem, was endoskopisch beim Pferd in Ruhe vs. beim Pferd in Bewegung gesehen wird, erfasst (RAKESTRAW et al., 1991). Interessanterweise wurde dabei festgestellt, dass eine unvollständige *Arytenoid*-abduktion in Ruhe ein unzuverlässiger Prädiktor für einen dynamischen *Arytenoid*-kollaps während der Bewegung ist (RAKESTRAW et al., 1991, Tab. 2). Rückblickend spiegeln diese Ergebnisse wider, dass Pferde einen variablen Grad an Dysfunktion haben können (PARENTE, 2018). Wenn sie einer submaximalen Belastung ausgesetzt sind, können einige Pferde eine Glottisöffnung aufrechterhalten und andere nicht. Dies unterstreicht, wie wichtig es ist, die Dysfunktion im richtigen Kontext zu bewerten, d. h. unter den spezifischen Bedingungen der Leistung (PARENTE, 2018). Seit der Veröffentlichung des Rakestraw-Scores gab es eine deutliche Zunahme von Veröffentlichungen zur Trainingsendoskopie, die die dynamischen Veränderungen dokumentieren, die endoskopisch bei einem Pferd unter Belastung beobachtet werden (PARENTE, 2018). Die Endoskopie unter Belastung wurde eingesetzt, um das Fortschreiten der Erkrankung (DAVIDSON et al., 2007), den Zusammenhang mit anderen Anomalien der oberen Atemwege zu demonstrieren (DAVIDSON et al., 2011; LEUTTON und LUMSDEN, 2015), die Gültigkeit anderer diagnostischer Techniken zu bestimmen (GARRETT et al., 2011) und den Wert verschiedener chirurgischer Behandlungen zu beurteilen (RADCLIFFE et al., 2006; PARENTE et al., 2011). Ursprünglich wurden diese Untersuchungen auf einem Laufband durchgeführt, wobei insbesondere versucht wurde, die Korrelation

zwischen Ruhe- und Belastungsfunktion zu bestimmen (MARTIN et al., 2000; LANE et al., 2006; BARAKZAI und DIXON, 2011). Durch die verbesserte Technologie wird heutzutage viel häufiger die Overgroundendoskopiemethode am Pferd verwendet (PARENTE, 2018).

Tabelle 1: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy in Ruhe (DIXON et al., 2003).

Grad	Definition	Untergrad	Definition
I	Alle Bewegungen der <i>Aryknorpel</i> sind synchron und symmetrisch, vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden.		
II	Bewegungen der <i>Aryknorpel</i> sind zeitweise asynchron und/oder asymmetrisch, aber vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden.	A	Vereinzelte asynchrone und/oder asymmetrische <i>Aryknorpel</i> bewegungen.
		B	Überwiegend asynchrone und/oder asymmetrische <i>Aryknorpel</i> bewegungen, vollständige Abduktion kann nach induziertem Schluckakt oder nasaler <i>Okklusion</i> erreicht und gehalten werden.
III	Bewegungen der <i>Aryknorpel</i> sind asynchron und/oder asymmetrisch, vollständige Abduktion kann nicht erreicht und gehalten werden.	A	Wie II B, aber volle Abduktion kann nicht gehalten werden.
		B	Deutliche Asymmetrie, vollständige Abduktion des betroffenen <i>Aryknorpels</i> wird nie erreicht.
		C	Sehr deutliche Asymmetrie, nur geringe Beweglichkeit des betroffenen <i>Aryknorpels</i> , vollständige Abduktion wird nie erreicht.
IV	Vollständige Unbeweglichkeit des betroffenen <i>Aryknorpels</i> .		

Tabelle 2: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy unter Belastung (RAKESTRAW et al., 1991).

Grad	Definition
A	Vollständige Abduktion der <i>Aryknorpel</i> während der Inspiration
B	Unvollständige Abduktion des betroffenen <i>Aryknorpels</i> (Stellung zwischen vollständiger Abduktion und Ruheposition)
C	Keine Abduktion des betroffenen <i>Aryknorpels</i> (weniger als Ruheposition) inklusive Kollaps über die Mediane der <i>Rima glottis</i>

Unabhängig davon, ob eine endoskopische Untersuchung auf dem Laufband oder mittels Overgroundendoskopie erfolgt ist, wird anerkannt, dass der Grad der Belastung des Pferdes die kritischste Komponente der Untersuchung ist (ALLEN und FRANKLIN, 2010). Außerdem betonen viele der Studien, dass eine valide Diagnose auf der Basis einer endoskopischen Ruheuntersuchung am genauesten ist, wenn die Befunde der Ruheuntersuchung in Verbindung mit abnormalen inspiratorischen Geräuschen während der Belastung und/oder palpabler laryngealer Muskelatrophie ausgewertet werden (PARENTE, 2018).

Ultraschall

Der Kehlkopf-**ultraschall** bei Pferden wurde erstmals 2006 von CHALMERS et al. beschrieben und wird seither für die diagnostische Bildgebung der Kehlkopfmuskulatur bei Pferden verwendet (CHALMERS et al., 2006; GARRETT et al., 2009, 2010, 2011; PARENTE et al., 2012; CHALMERS et al., 2012; FJORDBAKK et al., 2013; CHALMERS et al., 2015; KENNY et al., 2017). Die Untersuchung mittels Ultraschall ist die objektive Alternative zur Endoskopie (PARENTE, 2018). Der Ultraschall des Kehlkopfes hat sich als gutes Diagnoseinstrument erwiesen, da sich mit ihm eine erhöhte Echogenität des *M. cricoarytenoideus lateralis* bei Pferden mit RLN darstellen lässt (CHALMERS et al., 2012). Da alle intrinsischen Muskeln des Kehlkopfes mit Ausnahme des *M. cricothyroideus vom N. laryngeus recurrens* innerviert werden, bestätigt eine erhöhte Echogenität der intrinsischen Muskeln eine RLN (CHALMERS et al., 2012). Einige Autoren schlugen vor, dass der ultrasonographische Nachweis von RLN sogar besser geeignet ist den dynamischen Kollaps des betroffenen *Arytenoids* während der Belastung bei Rennpferden vorherzusagen als die Beurteilung während der Ruheendoskopie (GARRETT et al., 2011). Somit hat sich der Ultraschall als gutes Diagnoseinstrument erwiesen, dass zur Unterstützung oder Widerlegung der Diagnose einer RLN eingesetzt werden kann. Insbesondere wenn es schwierig ist, zu erkennen, ob der Kehlkopf endoskopisch ein Erscheinungsbild aufweist, das auch mit einer *Arytenoidchondropathie* oder -dysplasie vereinbar sein könnte (PARENTE, 2018). Mittels der Sonographie kann die extraluminale Kehlkopfmuskulatur im Hinblick auf Strukturveränderung infolge einer Atrophie

beurteilt werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Wie die endoskopische Untersuchung im Ruhezustand liefert auch der Ultraschall Hinweise auf eine RLN. Dieser muss aber dennoch im Zusammenhang mit der zu erwartenden Belastung betrachtet werden, bevor Behandlungsoptionen in Betracht gezogen werden (PARENTE, 2018). Bei Rennpferden ist die Wahrscheinlichkeit eines dynamischen Kollapses des *Arytenoids* während der Belastung am größten (PARENTE, 2018). Über die sonographische Beurteilung des M. cricoarytenoideus dorsalis wurde von CHALMERS et al. (2015) und KENNY et al. (2017) berichtet. In den früheren Berichten wurde der M. cricoarytenoideus dorsalis mit transösophagealem Ultraschall dargestellt. Bisher wurde angenommen, dass die transkutane Ultraschalluntersuchung des M. cricoarytenoideus aufgrund ihrer Lage (dorsale Seite des Kehlkopfs) nur begrenzt möglich ist (CHALMERS et al., 2006). Aktuellere Forschungen fanden heraus, dass die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchungen mittels transkutaner Ultraschalluntersuchung (Abb. 10) ähnlich wie die Ergebnisse der transösophagealen Ultraschalluntersuchung waren (SATO et al., 2020).



Abbildung 10: Transkutaner Ultraschall vom Kehlkopf des Pferdes (Quelle: eigene Aufnahme).

Diese Technik ermöglicht eine einfache, nichtinvasive und direkte Untersuchung. Die Beurteilung des M. cricoarytenoideus dorsalis mittels transkutaner Ultraschalluntersuchung kann eine nützliche Technik und eine mögliche Option sein, um zu entscheiden, ob ein Nervenransplantat oder eine Laryngoplastik durchgeführt werden soll (SATO et al., 2020).

Weiterführende Bildgebung (CT-, MRT-Untersuchungen)

Die Computer- und magnetresonanztomographische Untersuchung des Kehlkopfs ist bisher nur in Einzelfällen zur Ergänzung der anderen Untersuchungsverfahren durchgeführt worden (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.4.5 Diagnostik Epiglottisentrainment

Klinisch äußert sich ein Epiglottisentrainment üblicherweise durch ein inspiratorisches Atemgeräusch bei forcierter Inspiration unter Belastung (FEY und OHNESORGE, 2016). Kommt es beim Vorliegen eines Entraiments auch zu Schluckstörungen, so liegen meist zusätzliche Komplikationen im laryngopharyngealen Bereich vor (FEY und OHNESORGE, 2016). Bei der endoskopischen Untersuchung ist aufgrund der Überlagerung durch die Schleimhautfalte, die typische Gefäßzeichnung der *Epiglottis*, nicht mehr zu erkennen (Abb. 8). Die Ränder des Kehlkopfs erscheinen abgerundet, wobei die Form der *Epiglottis* erkennbar bleibt (BOLES et al., 1978). Eine Abgrenzung zur Dorsalverlagerung des Gaumensegels ist endoskopisch gut möglich (FEY und OHNESORGE, 2016). In einigen Fällen kommt es zum gemeinsamen Vorliegen von Epiglottisentrainment und Dorsalverlagerung des Gaumensegels (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Diagnose eines Epiglottisentraiments kann meist nur im Rahmen einer oralen Endoskopie erfolgen (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine laterolaterale Röntgenaufnahme ist ebenfalls hilfreich, da auf dieser die Epiglottis wulstig verdickt erscheint und die Dorsalverlagerung des Gaumensegels ebenfalls erkannt wird (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.4.6 Diagnostik Axiale Deviation der Plica aryepiglottica

Klinisch zeigen betroffene Pferde ein Atemgeräusch in Belastung (FEY und OHNESORGE, 2016). Eine gesicherte Diagnose ist durch eine endoskopische Untersuchung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband möglich (FRANKLIN, 2008). Der Grad der Erkrankung wird in Abhängigkeit der Abweichung nach axial von mild bis schwer eingeteilt (KING et al., 2001).

2.4.7 Diagnostik der Epiglottis-Retroversion

Die betroffenen Pferde weisen unter Belastung ein auffälliges, gurgelndes, schlotterndes inspiratorisches Atemgeräusch auf (FEY und OHNESORGE, 2016). Die Retroversion der *Epiglottis* tritt nur unter Belastung auf. Eine gesicherte Diagnose kann somit nur während einer belastungsendoskopischen Untersuchung erfolgen (PARENTE et al., 1998).

2.5 Therapie der oberen Atemwegserkrankungen

2.5.1 Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP)

2.5.1.1 Konservative Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels

Gleichzeitig auftretende Atemwegserkrankungen, einschließlich Entzündungen oder Infektionen der oberen oder unteren Atemwege, sollten umfassend behandelt werden (CHESSEN und WHITFIELD-CARGILE, 2015). Es wird angenommen, dass sich bei 2- bis 3-jährigen Pferden eine spontane Besserung des DDSP einstellt, wenn ihre oberen Atemwege mit dem Alter reifen. Besitzer von Pferden dieser Altersgruppe sollten ermutigt werden, bis zum dritten Lebensjahr zu warten und vorliegende Infektionen erst zu behandeln, bevor sie sich für einen chirurgischen Eingriff entscheiden (PARENTE et al., 2002; BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die Verwendung von systemischen Kortikosteroiden, nichtsteroidalen entzündungshemmenden Medikamenten und entzündungshemmenden topischen Rachensprays (Mischungen aus Glycerin, Kortikosteroiden, Nitrofurazon und DMSO) wurde von einigen Autoren in der Vergangenheit befürwortet, um Entzündungen der oberen Atemwege zu reduzieren (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Der Effekt der Behandlungen auf Pferde mit DDSP wurde bisher nicht in signifikanter Zahl bewertet (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Wenn keine gleichzeitigen strukturellen oder anatomischen Anomalien vorliegen und Ruhighaltung oder eine medikamentöse Therapie keine Besserung gebracht hat, kann eine spezifischere Therapie eingeleitet werden. Die spezifischen Therapiemaßnahmen für DDSP sind in Tabelle 3 zusammengefasst (modifiziert nach CHESSEN und WHITFIELD-CARGILE, 2015).

2.5.1.2 Andere Hilfsmittel

Die Verwendung von Zungenbändern, Nasenriemen, unterschiedlichen Gebissen (W-Gebiss, Serena-Song-Gebiss) und anderen Hilfsmitteln wird beschrieben, um DDSP und PI bei Rennpferden zu behandeln (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Der Nutzen des Zungenbandes wurde in mehreren Studien untersucht und die Ergebnisse sind widersprüchlich (BARAKZAI und HAWKES, 2010, siehe Kapitel Zungenband). Ein weiteres Hilfsmittel sind Nasenriemen. Nasenriemen gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen. Im Allgemeinen sind sie ein Zusatz zum Zaumzeug. Nasenriemen werden um den Nasenrücken gelegt. Sie um- und verschließen den Unter- und Oberkiefer (WELLER et al., 2021). Sie sind in einer Reihe von Pferdesportdisziplinen weit verbreitet und können in einigen Fällen so restriktiv sein, dass sie das Pferd daran hindern, das Maul zu öffnen (CASEY et al., 2013).

Tabelle 3: Therapieoptionen für DDSP

(modifiziert nach CHESEN und WHITFIELD-CARGILE, 2015).

Zusammenfassung der Behandlungsmöglichkeiten für DDSP		
Therapie Maßnahme	Ziel der Behandlung	Gemeldete Erfolgsquoten
Achter Nasenriemen	* hält den Mund geschlossen * Verhinderung positiver Druck im Oropharynx	* zum Teil effektiver als das Zungenband
W-bit, serena-song bit	* verhindert Zurückziehen der Zunge	* nicht untersucht
Zungenband	* verhindert Zurückziehen der Zunge	* 53–61 %
Cornell Collar	* unterstützt den Larynx * hält ihn in einer mehr dorso-rostralen Position	* 7/7 Pferde mit experimentell induziertem DDSP
Staphylektomie (nicht routinemäßig empfohlen)	* Verkürzung des Kehldeckels und/oder Versteifung des kaudalen Randes des weichen Gaumens	* wird nicht allein durchgeführt, sondern in Kombination mit anderen Verfahren durchgeführt 60–63 %
Gaumenplasik	* Erhöhung der Steifigkeit des weichen Gaumens	* 28–51 %
Myektomie	* Durchtrennung der am Kehlkopf ansetzenden Muskulatur oder Sehnen	* 58 %
Laryngeal Tie-Forward	* verhindert caudale Retraktion des Kehlkopfes * Vorwärtspositionierung des Larynx	* 66–81 % (behandelte Pferde liefen genauso häufig Rennen wie normale Pferde)
Kombinierte chirurgische Operationen	* Vorteile kombinieren	* vielfältig, keine dramatische Verbesserung

Außerhalb des Rennsportes werden Nasenriemen aus verschiedenen Gründen eingesetzt, insbesondere um die Sicherheit von Reiter und Fahrer zu verbessern (WELLER et al., 2021). Durch dessen Anwendung werden die Pferde daran gehindert, dem Gebiss auszuweichen. Damit werden die Pferde leichter lenkbar und sie reagieren besser auf die Zügelspannung (RANDLE und MC GREEVY, 2012). Einige „Nasenriementypen“ (wie der „Grackle“ oder des „Achternasenband“) werden eingesetzt, um die Maulöffnung einzuschränken und das Auftreten von DDSP zu verhindern (POLLOCK et al., 2016). Es wurde sogar berichtet, dass sie für diesen Zweck effektiver sind als Zungenbänder (POLLOCK et al., 2016).

In der Studie von WELLER et al. (2021) wurde eine Online-Umfrage (Reiter und Ausbilder in Training und Wettkampf) zum Einsatz von Nasenriemen sowie dem Auftreten negativer Auswirkungen im Zusammenhang mit der Verwendung von Reithalftern durchgeführt. Die meisten verwenden einfache Kappzaum-Reithalfter, aber auch Hannoveraner Reithalfter und so genannte „Cranking“-Systeme sind üblich (WELLER et al., 2021). Die Gründe für die Verwendung von Nasenriemen variieren stark zwischen den Befragten, je nach Typ des Reithalfters und Disziplin. Die meistgenannten Optionen waren, dass das Pferd daran gehindert werden soll, die Zunge über das Gebiss zu legen, und das Aussehen des Pferdes sollte mit der Anwendung verbessert werden. Des Weiteren wurde als Grund "die Anpassung an die Regeln des Sports" genannt (WELLER et al., 2021). Fast ein Fünftel der Befragten berichteten über körperliche und verhaltensbezogene Komplikationen im Zusammenhang mit der Verwendung von Nasenriemen. Die häufigste Komplikation war Haarausfall unter dem Nasenriemen (WELLER et al., 2021). Die meisten Befragten gaben an, dass sie den Sitz des Nasenriemens und die Enge des Nasenriemens am Nasenrücken überprüfen. Es gibt daher Bedenken, dass Nasenriemen schädliche physische und verhaltensbezogene Auswirkungen auf Pferde haben könnten (WELLER et al., 2021). Die Laryngohyoideus-Stützvorrichtung, das sogenannte „Cornell-Halsband“, wurde als nicht chirurgische Prävention für Pferde mit DDSP befürwortet (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Eine Kunststoffvorrichtung (Abb. 11) wird an der kaudalen Seite des Basihyoideus angebracht, und der Zug nach vorne wird durch das Anziehen der Verbindungsriemen erzeugt (WOODIE et al., 2005 b).



Abbildung 11: Pferdekopf von ventral, mit eingezeichnetem Cornell Collar (Quelle: eigene Aufnahme, modifiziert nach BARAKZAI und HAWKES, 2010).

Die Vorrichtung positioniert den Kehlkopf in einer mehr rostralen und dorsalen Lage. Bei allen sieben Pferden, die mit experimentell induzierter DDSP das Cornell-Halsband getragen haben, erwies es sich als wirksam (WOODIE et al., 2005 b). Ergebnisse einer Studie an Pferden mit natürlich auftretender Krankheit liegen noch nicht vor, und Rennpferde im Vereinigten Königreich dürfen dieses Gerät nicht bei Wettkämpfen tragen, obwohl es in vielen anderen Ländern weltweit zugelassen ist (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Wenn sich das Cornell-Halsband als wirksam erweist, könnte es eine nichtinvasive und kostengünstige Alternative zur chirurgischen Behandlung für betroffene Pferde darstellen (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Üblicherweise werden neben konservativen Maßnahmen, für die auch schon Erfolgsraten von bis zu 60 % beschrieben wurden, chirurgische Behandlungsverfahren angewendet (FEY und OHNESORGE, 2016). Dabei sollte sich die Wahl des Therapieverfahrens unabhängig von der Entscheidung für ein konventionell chirurgisches oder minimalinvasives Vorgehen maßgeblich nach der vermutlichen Ursache der Gaumensegelverlagerung richten (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.5.1.3 Chirurgische Therapie der Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels

Die Tie-Forward-Operationsmethode beruht auf dem Prinzip, dass die Epiglottis durch ein Fadenimplantat nach rostral verlagert und aufgerichtet wird (Abb. 12). So wird eine stabilere Lage auf dem Gaumensegel erzielt (FEY und OHNESORGE, 2016).

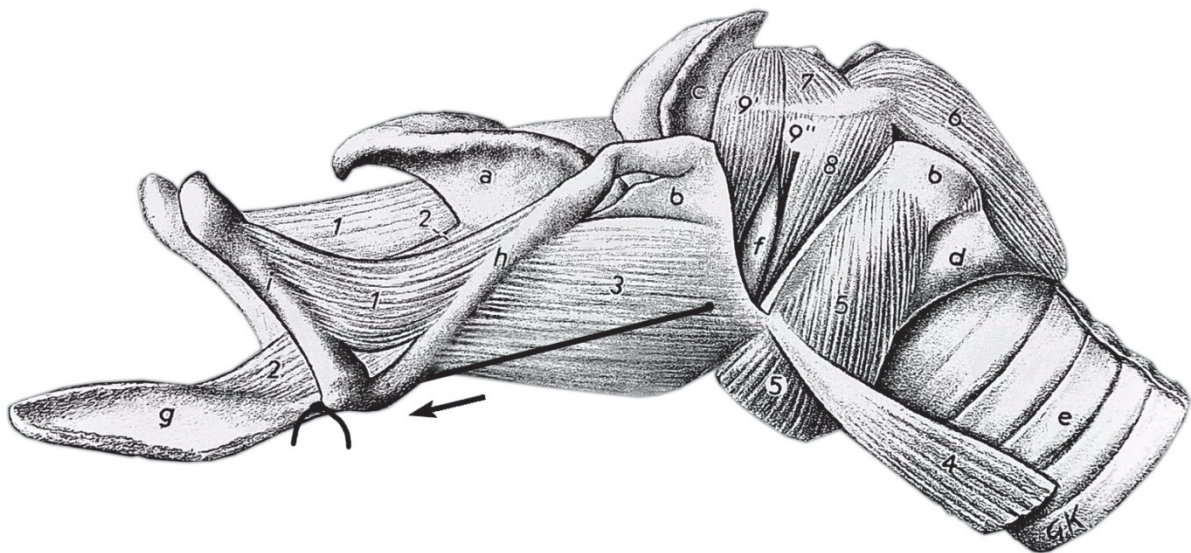


Abbildung 12: Eingezeichnete Fadenführung (schwarz, Pfeil = Zugrichtung) des Tie-Forward am seitlichen Pferdekehlkopf (modifiziert nach WISSDORF et al., 2010).

(Kehlkopfmuskeln, linke Seitenansicht. **a-d** Kehlkopfknorpel: **a** *Cartilago epiglottica*, **b** *Cartilago thyroidea*, gefenstert, **c** *Proc. corniculatus*, **d** *Cartilago cricoidea*, **a** *Trachea*, **f** *Ventriculus laryngis*; **g-i** am Zungenbein: **g** *Basihyoid*, *Proc. lingualis*, **h** *Thyrohyoid*, **i** *Ceratohyoid*; **1** *M. ceratohyoideus*; **2** *M. hyoepiglotticus*; **3** *M. thyrohyoideus*; **4** *M. sternothyroideus*; **5** *M. cricothyroideus*; **6** *M. cricoarytenoideus dorsalis*; **7** *M. arytenoideus transversus*; **8** *M. cricoarytenoideus lateralis*; **9** *M. ventricularis*; **9** *M. vocalis*)

Eine Studie von DUCHARME (2007) umfasste 304 Rennpferde, die sich einer Tie-Forward-Operation unterzogen (n = 116 hatten nur eine Tie-Forward-Operation, n = 188 Tie-Forward-Operationen mit Sternothyroid-Tenektomie). Bei 20 % der Pferde in dieser Studie wurde während der Hochgeschwindigkeits-Laufbandendoskopie eine definitive Diagnose einer Gaumenfunktionsstörung gestellt DUCHARME (2007). Von den Pferden, die zwei Rennen vor und drei Rennen nach der Operation absolvierten (n = 117 Pferde), verbesserten 86 % ihr Ergebnis nach der Operation. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein großer Teil der Pferde in der Studie nicht in diese endgültige Berechnung einbezogen wurde, da keine vollständigen Rennaufzeichnungen vorlagen (DUCHARME, 2007). Pferde, die vor der Operation nicht an Rennen teilnahmen (n = 74), weil sie entweder unerfahren waren oder weil die Diagnose während des Trainings gestellt wurde, schienen eine schlechtere Erfolgsquote zu haben. Hier nahmen nur 43 % nach der Operation an Rennen teil (DUCHARME, 2007). Weitere Auswertungen des Tie-Forward-Operationsverfahrens lassen vermuten, dass das Ausmaß der während der Operation erreichten Dorsalbewegung des *Basihyoids* einen Einfluss auf das Ergebnis hat (BARAKZAI und HAWKES, 2010). CHEETHAM et al. (2008) berichteten, dass Pferde mit einer mehr dorsalen und weniger rostralen postoperativen dorsalen Position des *Basihyoids* (> 29 Millimeter von der horizontalen Mittellinie entfernt) mit größerer Wahrscheinlichkeit postoperativ Rennen bestreiten als solche mit einer geringeren Elevation (CHEETHAM et al., 2008). Alle in dieser Studie operierten Pferde erreichten nach dem Eingriff wieder ihr präoperatives Gewinnsummenniveau, und die postoperativen Erträge entsprachen denen einer vergleichbaren Kontrollpopulation (CHEETHAM et al., 2008). In einer experimentellen Studie wurde eine reversible mäßige und ausgeprägte pharyngeale Dysphagie durch Regionalanästhesie von den Nervenästen des *Glossopharyngeus*-, *Vagus*- und *Hypoglossus*-Nervs an sechs Pferden durchgeführt (VIRGIN et al., 2016). Der Grad der Dysphagie wurde vor und nach erfolgter Operation diagnostiziert. Die Dysphagiemodelle waren reversibel, und die Pferde schluckten innerhalb von drei Stunden nach der Modellinduktion normal (VIRGIN et al., 2016). Das Modell mit ausgeprägter Dysphagie beeinträchtigte die Bewegung des Futters vom Zungengrund zur Speiseröhre und verursachte eine starke Verunreinigung der Atemwege (VIRGIN et al., 2016). Der durchschnittliche Dysphagie-Score für das ausgeprägte Dysphagie-Modell betrug $10,6 \pm 1,1$ vor der Operation und $6,1 \pm 4,3$ nach der Operation (VIRGIN et al., 2016). Die Larynxvorverlagerung verbesserte die Dysphagie-Scores im

moderaten Modell nicht (VIRGIN et al., 2016). Ein Tie-Forward-Eingriff kann die Klinik und das Schlucken bei pharyngealer Dysphagie verbessern und die Aspiration von Futter reduzieren (VIRGIN et al., 2016). In einer retrospektiven Fallserie wurde die Rennleistung von Trabrennpferden (n = 95) mit bestätigter DDSP, die ausschließlich mit dem Laryngeal Tie-Forward-Verfahren operiert wurden, verglichen (VERMEDAL et al., 2021). Die Leistung vor und nach der Operation wurde anhand von Aufzeichnungen über Rennen und einem Vergleich des Leistungsindex und der Renngeschwindigkeitsnoten bewertet (VERMEDAL et al., 2021). Die Auswirkung der verkürzten *Basihyoid-Cricoid*-Distanz auf die Rennleistung wurde ebenfalls bewertet. Postoperativ erhöhte sich der Leistungsindex bei 36 von 54 der erfahrenen Rennpferde und 44 von 67 erreichten oder verbesserten ihre Renngeschwindigkeitsmarke im Vergleich zum präoperativen Zeitraum (VERMEDAL et al., 2021). 25 % der Pferde wiesen vor der Diagnose keinen Rückgang des Leistungsindex bzw. der Renngeschwindigkeit (49 %) auf. Die Verkürzung der Basihyoid-Krikoid-Distanz hatte keinen Einfluss auf die postoperative Leistung (VERMEDAL et al., 2021). Zwanzig von 95 Pferden hatten 46–708 Tage nach der Operation ein bestätigtes Wiederauftreten von DDSP (VERMEDAL et al., 2021). Potenzielle Komplikationen der Laryngeal-Tie-Forward-Prozedur wurden in einer Fallserie untersucht. In der Studie wurden die präoperativen und postoperativen Endoskopieaufzeichnungen von 35 Trabrennpferden, die einen Tie-Forward-Eingriff hatten, untersucht (VERMEDAL und STRAND, 2020). Ein Traber und zwei norwegische Kaltbluttraber, bei denen eine dorsale Verschiebung des weichen Gaumens diagnostiziert worden war, wiesen einen beidseitigen *Arytenoidknorpel*- und einen Stimmlippenkollaps in Verbindung mit einer Halsflexion während Belastung nach erfolgter Tie-Forward-Operation auf (VERMEDAL und STRAND, 2020). Diese drei Pferde waren klinisch unauffällig, wenn sie in freier Kopfhaltung trainiert wurden (VERMEDAL und STRAND, 2020). Ein dynamischer Kehlkopfkollaps in Verbindung mit einer Halsflexion kann als Komplikation nach erfolgter Tie-Forward-Operation bei Trabrennpferden auftreten und sollte bei Pferden mit anhaltenden Atemwegsproblemen nach der Operation als Differentialdiagnose in Betracht gezogen werden (VERMEDAL und STRAND, 2020). Bei der Staphylektomie wird ein bogenförmiges Segment (ca. 0,5 Zentimeter) des kaudalen Gaumensegelrandes reseziert (Vernarbung, Verdickung des Gaumensegelrandes), während bei einer *M.-Sternothyroideus*-Myektomie die am Kehlkopf ansetzende Muskulatur oder deren Sehnen durchtrennt werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Letzteres soll eine Retraktion des Kehlkopfes durch Muskelkontraktion und dadurch ein Hochschlagen des Gaumensegels verhindern. Die Kombination von Myektomie und *Staphylektomie*, die das *Ostium intrapharyngeum* vergrößert, hat allerdings vom Ansatz her zunächst einen gegensätzlichen Effekt auf die stabile Lage der *Epiglottis* auf dem Gaumensegel (FEY und OHNESORGE, 2016). Es kann sogar zum Auftreten einer Dysphagie und zur permanenten Gaumensegelverlagerung kommen, wenn mehr als 7,5 mm Gewebe am Gaumensegelrand

entfernt werden. Der Effekt der *Staphylektomie* könnte daher eher in einer Vernarbung des kaudalen Gaumensegelrands begründet sein als in der Kürzung eines „zu langen Gaumensegels“ (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.5.1.4 Gaumenplastik

Palatoplastik-Operationen sind an chirurgische Techniken angelehnt, die beim Menschen zur Unterbindung des Schnarchens eingesetzt werden. Ihr Ziel ist es, den weichen Gaumen zu versteifen und seine Nachgiebigkeit zu verringern (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Wenn die intrinsischen weichen Gaumenmuskeln, die dafür verantwortlich sind, den Gaumen während der Bewegung unter Spannung zu halten, bei Pferden mit DDSP eine neurogene Atrophie erfahren haben (DUCHARME und HOLCOMBE, 2001), könnten Gaumenplastiken wirksam sein, wenn sie eine ausreichende Langzeitfibrose des Gaumens induzieren. Das faserige Gewebe würde den Gaumen versteifen und theoretisch die Wahrscheinlichkeit verringern, dass er sich verlagert (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Umgekehrt ist es möglich, dass eine weitere Schädigung dieser intrinsischen Gaumenmuskeln während eines chirurgischen Eingriffs zur Gaumenplastik, insbesondere bei Eingriffen an der nasalen Seite des Gaumens, wo der Muskel nur von einer sehr dünnen Schleimhautschicht bedeckt ist (Laserchirurgie), den Prozess der Muskelschädigung sogar noch verschlimmert (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Es hat sich gezeigt, dass Gaumenplastiken bei anderen Tierarten eine Fibrose hervorrufen und die Steifigkeit des Gaumens erhöhen (COUREY et al., 1999; LAFRENTZ et al., 2003; POYRAZOGLU et al., 2006). In dem ursprünglichen Bericht über die thermische Kauterisation des oralen Teils des weichen Gaumens wurde berichtet, dass 70 % der Besitzer subjektiv der Meinung waren, dass der Eingriff die Leistung ihres Pferdes verbessert habe (ORDIDGE 2001). Objektiv analysierte Studien mit Pferden, bei denen sowohl eine vermutete (REARDON et al., 2008 a, n = 110) als auch eine definitive (BARAKZAI et al., 2009 b, n = 48) DDSP-Diagnose gestellt wurde, ergaben jedoch einen niedrigen Effekt auf die Leistung, wobei nur 28–51 % der Pferde ihre Rennleistung nach der Operation verbesserten. Bei der Ahern-Gaumenplastik (AHERN, 1992) wird ein elliptisches Stück Mukosa- und Submukosa-Gewebe von der Mittellinie des Gaumens entfernt und der entstandene Defekt vernäht, um theoretisch Spannung auf das Gewebe auszuüben (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die Wundnaht ist anfällig für Wundheilungsstörungen (durch Spannung an der Naht). Es wird jedoch davon ausgegangen, dass in solchen Fällen die anschließende sekundäre Wundheilung zu einem gewissen Grad an Fibrose führt (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Die einzige objektive Analyse dieses Verfahrens ergab keine signifikante Auswirkung des Eingriffs auf die Rennplatzbewertung, den Gewinn oder den Leistungsindex bei Pferden mit Verdacht auf DDSP (REARDON et al., 2007). Die Gaumensklerotherapie mit endoskopisch gesteuerten intrapalatalen Injektionen von Poly-L-Milchsäure (CEHAK et al., 2006) oder

Natriumtetradecylsulfat (MARCOUX et al., 2008; MUÑOZ et al., 2010) wurde bei einer kleinen Anzahl von Versuchstieren und klinischen Fällen untersucht. Experimentelle Modelle zur Bewertung der Verwendung von Natriumtetradecylsulfat waren nicht vielversprechend, da sich die Steifigkeit oder die histologische Morphologie des Gaumens sechs Monate nach der Injektion im Vergleich zu den Kontrollen nicht veränderte (MUÑOZ et al., 2010).

2.5.1.5 Kombinierte Operationen

Es sind unendlich viele Kombinationen von chirurgischen Behandlungen möglich und die meisten der in der Literatur beschriebenen, haben keine besonders höhere Erfolgsquote als die ursprünglich beschriebenen einzelnen chirurgischen Verfahren (BARAKZAI und HAWKES, 2010). Wenn zum Beispiel die Tie-Forward-Methode mit einer thermischen Kauterisation der oralen Oberfläche des weichen Gaumens kombiniert wird, scheinen die Ergebnisse (55–67 % verbesserte Rennergebnisse) (REARDON et al., 2008 b; FRANKLIN et al., 2009 b) nicht so erfolgreich zu sein wie die zuvor veröffentlichten Ergebnisse für die Laryngoplastik allein (72–86 %). In ähnlicher Weise führte die Kombination von *Staphylektomie* mit *Ventrikulektomie* und *Sternothyrohyoideus-Myektomie* zu einer objektiv analysierten „Erfolgsrate“ von 60 %, was mit den Ergebnissen für die *Staphylektomie* allein (60 %, ANDERSON et al., 1995) oder die *Sternothyrohyoideus-Myektomie* allein (58–59 %, HARRISON und RAKER 1988; ANDERSON et al., 1995) identisch ist. Die Hinzufügung einer Laserthermoplastik der kaudalen Gaumenkante zur Kombination von *Staphylektomie* und *Sternothyrohyoideus-Myektomie* scheint den chirurgischen Erfolg nicht wesentlich zu verbessern (SMITH und EMBERTSON, 2005) (63% der Pferde hatten eine verbesserte Rennleistung). In einer retrospektiven Beobachtungsstudie wurde die Leistung von an DDSP erkrankten schwedischen Warmblut-Trabrennpferden (n = 56), die mit einer *Staphylektomie* oder einer Tie-Forward-Operation behandelt wurden, mit einer gesunden Kontrollgruppe (n = 48) verglichen (CARMALT et al., 2016). Der Unterschied der postoperativen Leistungen zwischen den Pferdegruppen wurde anhand der Geschwindigkeit, der Rückkehr der Pferde in den Rennsport, Rennstarts in der Karriere und die Gewinnsumme ermittelt (CARMALT et al., 2016). Es gab zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied in der Renngeschwindigkeit zwischen den Gruppen (CARMALT et al., 2016). Der Prozentsatz der Pferde, die nach der Operation Rennen bestritten, die Anzahl der Rennen und die Gewinnsumme unterschieden sich nicht. Auch gab es keinen Unterschied in den postoperativen Ergebnissen zwischen den beiden chirurgischen Techniken (CARMALT et al., 2016).

2.5.2 Therapie der follikulären Hyperplasie der Pharynxschleimhaut

Aufgrund der hohen Inzidenz bei jungen Pferden besteht die überwiegende Ansicht, dass eine dem Alter entsprechende Ausprägung von pharyngealen Follikeln nicht grundsätzlich als

krankhaft zu werten und zu behandeln ist (FEY und OHNESORGE, 2016). Behandlungsmaßnahmen erscheinen nur sinnvoll, wenn das Vorhandensein von Follikeln zu einer klinisch manifesten Symptomatik führt. Eine Behandlung von pharyngealen Follikeln kann durch eine lokale Applikation eines glukokortikoid-haltigen Sprays und die Anregung des körpereigenen Immunsystems (Zylexis®) versucht werden (FEY und OHNESORGE, 2016). Bei großen Follikeln gibt es die Empfehlung zur Kryo- und Elektrochirurgie. Auch eine regelmäßige Immunisierung gegen Influenzaviren sowie gegen das Equine Herpes Virus-1 und -4 soll die Ausbildung von pharyngealen Follikeln vermindern (FEY und OHNESORGE, 2016).

2.5.3 Therapie des Pharynxkollaps

Es ist keine Behandlung des Pharynxkollaps bekannt (BOYLE et al., 2006). Unspezifische konservative Behandlungen sind beschrieben (BOYLE et al., 2006). Ruhephasen von mindestens zwei Monaten sowie eine systemische, nichtsteroidale, entzündungshemmende Therapie und systemische oder inhalative Kortikosteroide sind beschrieben (DAVIDSON et al., 2003). Die Prognose für eine kontinuierliche sportliche Leistung von Rennpferden mit dynamischem Pharynxkollaps ist vorsichtig und oft werden die Pferde aus dem Rennttraining genommen (DUCHARME, 1992; STRAND und STAEMPFLI, 1993; ROBERTSON und DUCHARME, 2005).

2.5.4 Therapie der Recurrent laryngeal neuropathy

Im Falle einer sekundären rezidivierenden laryngealen Neuropathie, z. B. infolge eines Traumas oder einer perivasalen Injektion, kann eine konservative, antiphlogistische Therapie erfolgversprechend sein (FEY und OHNESORGE, 2016). Bei einer klinisch manifestierten RLN ist eine chirurgische Intervention das Mittel der Wahl. Diverse Maßnahmen, die entweder allein oder in Kombination angewendet werden, zielen auf eine stabilisierende oder zusätzliche Öffnung der Rima glottidis ab (FEY und OHNESORGE, 2016). Zu den klassischen Behandlungsoptionen für RLN gehören die Laryngoplastik (Tie-back), die partielle *Arytenoidektomie*, die laryngeale Reinnervation und die *Ventrikulektomie* oder *Ventrikulokordektomie* (allein oder in Kombination mit Tie-back) (FULTON et al., 2012). Der Erfolg der *Ventrikulokordektomie* zur Verringerung der Atemgeräusche ist allgemein anerkannt und wird routinemäßig mit der Laryngoplastik (Tie-back) kombiniert. (BROWN et al., 2003; CRAMP et al., 2009). Die Laryngoplastik (Tie-back) ist nach wie vor die wichtigste Operationsmethode zur Therapie der RLN. Bei dem Eingriff wird eine Naht durch den Cricoidknorpel und den Arytenoidknorpel gelegt, um eine Abduktion des *Arytenoidknorpels* zu erreichen (Abb. 13) (MC CARREL und WOODIE, 2015). Das Hauptziel der Tie back Laryngoplastik besteht darin, die Position des Kehlkopfes zu optimieren und aufrecht zu

halten, um den Luftstrom zu maximieren und gleichzeitig die Aspiration von Wasser oder Futter zu minimieren (MC CARREL und WOODIE, 2015).

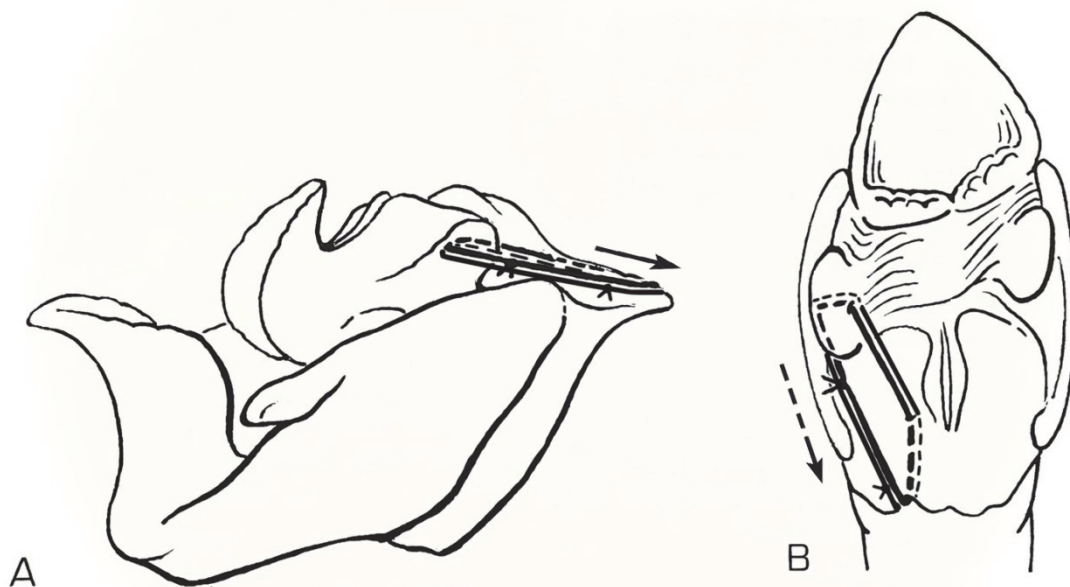


Abbildung 13: Seitliche A) und dorsale B) Ansicht des Pferdekehlkopfes, mit eingezeichneter Fadenführung der Tie-back-Laryngoplastik (modifiziert nach STICK et al., 1999).

Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Studien durchgeführt, die sich auf Art, Position, Anzahl und Kraft der Nähte, die Ursachen für das Scheitern der Laryngoplastik und den Verlust der Abduktion sowie die Methoden zur Stabilisierung des Krikoarytenoidgelenks konzentrieren (MC CARREL und WOODIE, 2015). Die Erweiterung von 88 % der maximalen Querschnittsfläche des Kehlkopflumens wurde als ideale Abduktion des Arytenoidknorpels beschrieben. Pferde, die nicht im Leistungssport verwendet werden, benötigen diesen Grad der Abduktion jedoch wahrscheinlich nicht, um Leistung zu erbringen (RAKESH et al., 2008). Die klinischen Empfehlungen reichen von 80 bis 90 % der maximalen Abduktion bei Rennpferden und 60 bis 80 % der maximalen Abduktion bei Nichtleistungspferden (PERKINS et al., 2011). Der *Musculus cricoarytenoideus dorsalis* ist der einzige Abduktor des Kehlkopfes. Er besteht aus medialen und lateralen Bäuchen, die unterschiedliche Auswirkungen auf die Position des *Arytenoids* haben (CHEETHAM et al., 2008). Studien kamen zu dem Schluss, dass die prothetische Naht den Verlauf des lateralen Bauches nachahmen sollte, um eine optimale Abduktion zu erreichen. Eine andere Studie konnte keinen Unterschied zwischen Nähten, die den Verlauf des medialen oder lateralen Bauches imitierten, feststellen (wenn nur eine Naht angelegt wurde) (CHEETHAM et al., 2008; PERKINS et al., 2010; BISCHOFBERGER et al., 2013). Mit zwei Nähten wird eine größere Öffnung der Querschnittsfläche erreicht als mit einer einzelnen Naht, aber das Hinzufügen einer dritten Naht bringt keinen Vorteil (DART et al., 2009; BISCHOFBERGER et al., 2013). Die Kraft, die

erforderlich ist, um eine maximale Abduktion des Arytenoids zu erreichen, wurde bei Kadaverkehlköpfen mit 20 Newton angegeben. 27,6 Newton sind nötig, um eine optimale Abduktion in vivo zu erreichen (WITTE et al., 2010; BISCHOFBERGER et al., 2013). GRAY et al. (2021) untersuchten die Atemwegsmechanik von 51 Pferdekehlkopfkadavern in einem Ex-vivo-Modell: Die Kehlköpfe wurden mit einer modifizierten Toggle-Laryngoplastik operiert und in einem Luftstromkammermodell untersucht. Sie verglichen die Atemwegsmechanik des „Standard-Laryngoplastik-Eingriffes“ und dessen Modifizierung, des „Toggle-Tie-back“ (GRAY et al., 2021). Die beiden Methoden wiesen in dem Ex-vivo-Modell eine vergleichbare Atemwegsmechanik auf (GRAY et al., 2021). Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um festzustellen, inwieweit die modifizierte Toggle-Laryngoplastik-Technik die normale Atemwegsfunktion bei Pferden mit RLN wiederherstellt (GRAY et al., 2021). PERKINS et al. (2011) untersuchten die Auswirkung einer *Ventrikulokordektomie* vor der Laryngoplastik auf die aufzuwendende Kraft, die nötig ist, um die *Arytenoid*abduktion zu erreichen. Die Durchtrennung der *Adduktoren*muskeln führte dazu, dass insgesamt eine geringere mittlere Kraft (12 Newton) zur Erreichung der maximalen Abduktion benötigt wurde (PERKINS et al., 2011). Obwohl die *Ventrikulokordektomie* vor der Laryngoplastik zu einer um 12 bzw. 45 % geringeren Kraft führte, um den gewünschten Querschnitt zu erreichen, betrug die während der Studie gemessene Kraft zur Erreichung der maximalen Abduktion nur 18 Newton (PERKINS et al., 2011). Die Autoren empfehlen eine *Ventrikulokordektomie* vor der Laryngoplastik, um die Nahtkräfte auf den Knorpel zu minimieren, die zu einem Knorpelausriss und Implantatversagen führen könnten. Die Laryngoplastik-Nähte sind beim Schlucken (welches 1000 Mal pro Tag erfolgt) Kräften von bis zu 46,6 Newton ausgesetzt (WITTE et al., 2010). Daher scheint die einmalige Kraft zum Zeitpunkt des Befestigens im Vergleich zu den langfristigen Auswirkungen des Schluckens zu verblasen (PERKINS et al., 2011). Die häufigste Komplikation der Laryngoplastik ist der *Abduktionsverlust* des *Aryknorpels*. Die spezifischen Ursachen sind jedoch in den meisten Fällen unbekannt (AHERN und PARENTE, 2008). DAHLBERG et al. (2011) schlugen vor, dass Variationen in der *Cricoid*-Konformation zum *Abduktionsverlust* beitragen können. Insbesondere wenn die Naht an der kaudalen Seitenfläche eines *Cricoids* mit einem großen lateralen *Cricoid*winkel (Neigung der kaudalen lateralen *Cricoid*fläche) herunterrutscht. Es wird angenommen, dass ein Knorpelversagen (Ausbruch am Knorpel oder Durchtrennung der Naht) sekundär zu hohen Nahtkräften auftritt. Es wurde berichtet, dass ein Versagen des muskulären *Prozessus* zu einem Versagen der Laryngoplastik führt (WITTE et al., 2010; HARDCASTLE et al., 2012). Die Theorie, dass der *Abduktionsverlust* durch die von den *Adduktoren*muskeln erzeugten Nahtkräfte verursacht wird, führte zu der Empfehlung, die Laryngoplastik bis zur vollständigen Lähmung hinauszuzögern. Diese Theorie wurde von WITTE et al. (2009) widerlegt. Die größte Kraft auf die Laryngo-Plastiknähte wird durch das Schlucken ausgeübt. Möglicherweise ist dies der

Hauptmechanismus, der zum Abduktionsverlust beiträgt. Eine Strategie zur Minimierung der langfristigen zyklischen Kräfte auf die Laryngoplastiknähte ist die Stabilisierung des Cricoarytenoidgelenks (PARENTE et al., 2011). Polymethylmethacrylat wurde in das Cricoarytenoidgelenk von Kadaverkehrköpfen injiziert und führte zur Aufrechterhaltung des Trachealdrucks und des Trachealflusses mit und ohne Tie-back-Plastik (PARENTE et al., 2011). Ebenso führte es zu einem deutlich geringeren Anstieg der Nahtbelastung bei zunehmendem translaryngealen Druck (CHEETHAM et al., 2008). PARENTE et al. (2011) beschrieben eine modifizierte Laryngoplastik mit zwei wesentlichen Unterschieden zur traditionellen Laryngoplastik: Erstens wurde der Muskelfortsatz kaudal des *Cricopharyngeus* angegangen und die Insertion des *Cricoarytenoidgelenks* im Vergleich zum traditionellen Ansatz, bei dem die *Crico-* und *Thyropharyngeus* Muskeln getrennt werden, um den Muskelfortsatz freizulegen, durchtrennt, und zweitens wurde das *Cricoarytenoidgelenk* geöffnet und der Knorpel debridiert (PARENTE et al., 2011). Der modifizierte Eingriff wies im Vergleich zum traditionellen Tie back nach 3 Monaten einen signifikant geringeren Abduktionsverlust und eine niedrigere Impedanz auf (PARENTE et al., 2011). Darüber hinaus gab es keinen Unterschied in der Impedanz bei intakter oder durchtrennter Naht bei den Tieren mit modifizierter Laryngoplastik, was einen Beweis für eine Gelenkfusion liefert. PARENTE et al. (2011) empfiehlt den Eingriff innerhalb von zwei Wochen zu wiederholen, wenn ein postoperativer Abduktionsverlust auftritt, da die Abduktion nach der Gelenkfusion nicht mehr verändert werden kann. Wenn ein Abduktionsverlust postoperativ eintritt, schreitet dieser über mehrere Wochen fort. 93 % der Pferde erleiden zwischen 6 Tagen und 6 Wochen postoperativ einen Abduktionsverlust (BARAKZAI et al., 2009). Der Grad der *arytenoiden Abduktion* stabilisiert sich sechs Wochen postoperativ bei einem Median von Grad 3 (mäßige *Abduktion*, 45° zur Sagittalebene, BARAKZAI et al., 2009; BARNETT et al., 2013). Der postoperative *Abduktionsgrad* des *Arytenoids* korrelierte nicht mit der Rückkehr zum Rennsport, den Starts auf Lebenszeit, den Gewinnen in fünf postoperativen Rennen oder der Stabilität des *Arytenoidknorpels* bei Belastung (BARAKZAI et al., 2009; BARNETT et al., 2013). Diese Ergebnisse können jedoch nur auf Pferde mit einem *Abduktionsgrad* von 1 bis 3 angewandt werden, da die Grade 4 und 5 für eine Auswertung nicht ausreichten. Zwischen 87 und 91 % der Pferde, die wegen Implantatversagens vorgestellt wurden, hatten während der Belastungsendoskopie mehrere Anomalien (DAVIDSON et al., 2010; COMPOSTELLA et al., 2012). Ein Abduktionsverlust sollte nicht ignoriert werden, aber er definiert kein Laryngoplastik-Versagen. Die Belastungsendoskopie liefert die genauesten Informationen über die Stabilität des *Arytenoids* und die ursächlichen Anomalien, die sich als Laryngoplastik-Versagen manifestieren. Die Ergebnisse nach einer Laryngoplastik (Tie-back) sind sehr unterschiedlich: 48 bis 94 % der Pferde nehmen wieder an Rennen teil, während andere Schätzungen für den Erfolg zwischen 50 und 70 % bei Rennpferden und 86 bis 93 % bei Nichtrennpferden liegen

(FULTON et al., 2012; BEARD et al., 2007). Interessanterweise berichteten BARAKZAI et al. (2009) sowie MASON et al. (2013) über signifikant kürzere Rennkarrieren nach einer Laryngoplastik (Tie-back), während ACETO und PARENTE (2012) keinen Unterschied in der „Rennlebensdauer“ zwischen Pferden mit oder ohne Eingriff beobachteten. Nach einer modifizierten Laryngoplastik gab es keinen Unterschied in der Anzahl der Rennstarts oder der Gewinnsumme zwischen den behandelten Pferden und den Kontrolltieren, mit Ausnahme des ersten Quartals nach der Rückkehr zum Rennsport (ACETO und PARENTE, 2012). Der Grund für diese Unterschiede ist unbekannt, könnte aber mit der Stabilisierung des *Arytenoids* oder mit Unterschieden in der Vorgehensweise zur Minimierung postoperativer Komplikationen zusammenhängen. Die Komplikationen der Laryngoplastik wurden eingehend in der Literatur beschrieben und sind in Tabelle 4 zusammengefasst (AHERN et al., 2008; DIXON et al., 2003; FROYDENLUND et al., 2014).

Tabelle 4: Zusammenfassung der postoperativen Komplikationen

(nach AHERN et al., 2008; DIXON et al., 2003; FROYDENLUND et al., 2014).

Postoperative Komplikationen der Laryngoplastik
* Verlust der Abduktion des Arytenoidknorpels
* Dysphagie und Husten
* Obere Ösophagusinsuffizienz (selten)
* Wundheilungsstörung (Serom)
* Infektionen und Entzündungen der Operationsnaht
* Arytenoidentzündung (selten)
* Postoperative Atemwegobstruktionen (selten)

Die partielle *Arytenoidektomie* ist die Behandlung der Wahl bei Pferden mit fortgeschrittener *Arytenoidchondritis* oder einer fehlgeschlagenen Laryngoplastik (FULTON et al., 1991; TULLENERS et al., 1988). Dieses Verfahren bietet eine Möglichkeit zur Verbesserung der Mechanik der oberen Atemwege bei Pferden mit RLN, bei denen eine Laryngoplastik nicht in Frage kommt (FULTON et al., 1991; LUMSDEN et al., 1994; WITTE et al., 2009; RADCLIFFE et al., 2006). Bei der *Arytenoidektomie* wird eine U-förmige Inzision von dorsal durch den medialen Aspekt des linken *Arytenoidknorpels* geführt (Abb. 14, A). Die Schleimhaut wird mit einem gebogenen *Periost-Elevator* abgelöst (Abb. 14, B), um den darunter liegenden *Aryknorpel* freizulegen (GRAY et al., 2019). Der *Arytenoidknorpel* wird ventral gefasst (Abb. 14, C) und mit einer gebogenen Schere vom *Musculus cricoarytenoideus lateralis* abgetrennt (Abb. 14, D). Der *Arytenoidknorpel* wird mit einer Zange nach rostro-medial gezogen, um die Durchtrennung des Muskelfortsatzes vom *Arytenoidkörper* zu ermöglichen (GRAY et al., 2019,

Abb. 14, E). Der verbleibende Teil des Muskelfortsatzes des *Arytenoidknorpels*, der in das Lumen des Kehlkopfes hineinragt, wird mit einer Knochenfräse abgeschnitten (GRAY et al., 2019, Abb. 14, F).

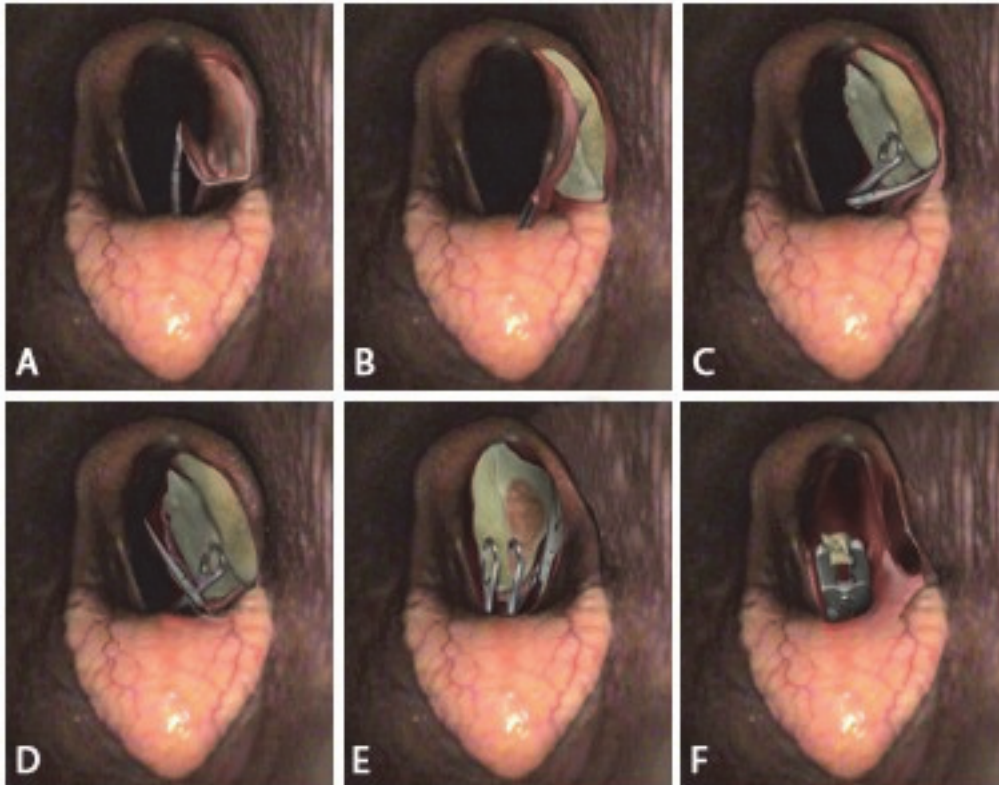


Abbildung 14: Ablauf der Arytenoidektomie

(Quelle: eigene Aufnahme, Darstellung modifiziert nach GRAY et al., 2019).

GRAY et al. (2019) beschreiben erstmals die partielle *Arytenoidektomie* an 14 stehenden sedierten Pferden. Dieser Ansatz ist besonders attraktiv, um die mit einer Vollnarkose verbundenen Beeinträchtigungen zu vermeiden (insbesondere bei Pferden, die zu Komplikationen neigen, wie zum Beispiel Zugpferderassen). 13 Pferde hatten eine unilaterale linksseitige rezidivierende laryngeale Neuropathie (RLN) und ein Pferd eine bilaterale RLN (GRAY et al., 2019). Bei fünf Pferden war eine prothetische Laryngoplastik zuvor fehlgeschlagen. Die linksseitige partielle *Arytenoidektomie* ohne Schleimhautverschluss wurde bei allen Pferden unter Sedierung und Lokalanästhesie erfolgreich durchgeführt (GRAY et al., 2019). Bei zwölf Pferden (von denen neun endoskopisch nachuntersucht wurden) wurden die Langzeitergebnisse telefonisch erfragt. Bei drei Pferden traten Granulome an der Operationsstelle auf. Von diesen Pferden benötigten zwei eine permanente Tracheostomie (GRAY et al., 2019). Neun Pferde kehrten ohne Atemgeräusche zum Sport zurück. Zwei weitere Pferde kehrten zum Sport zurück, die Atemgeräusche während der Belastung waren weiterhin vorhanden, aber im Vergleich zu vor dem Eingriff reduziert. Ein Pferd wurde weiterhin

als Zuchtstute eingesetzt (GRAY et al., 2019). CASPERS et al. (2021) untersuchten die Sicherheit, Wirksamkeit und Zufriedenheit der Patienten nach elektrochirurgischer *Ventrikulokordektomie* in Verbindung mit Laryngoplastik bei Pferden mit klinischer RLN in einer retrospektiven Studie. 24 Pferde wurden einer einseitigen *Ventrikulokordektomie* unterzogen. Diese wurde erfolgreich transendoskopisch unter Sedierung und mit monopolaren elektrochirurgischen Instrumenten durchgeführt (CASPERS et al., 2021). Bei einem Pferd kam es zu einer übermäßigen intraoperativen Blutung. Bei keinem Pferd traten postoperative Komplikationen auf. In zwanzig Fällen gab es vor der Operation eine Anamnese mit Atemwegsgeräuschen und 18 Pferde hatten vor dem Eingriff eine Belastungsintoleranz (CASPERS et al., 2021). 15 Pferde hatten nach der Operation keine Atemwegsgeräusche und Belastungsinsuffizienz mehr (CASPERS et al., 2021). Husten und Dysphagie sind bekannte Komplikationen nach therapeutischer Laryngoplastik mit oder ohne *Ventrikulektomie/Ventrikulokordektomie* (VIDOVIC und DELLING, 2017). Sie beschrieben das verzögerte Auftreten von Dysphagie bei Pferden nach chirurgischer Behandlung. Bei den bisher beschriebenen Fällen trat die Störung unmittelbar nach der Operation auf (VIDOVIC und DELLING, 2017). Die Autoren beobachteten Patienten, bei denen die Dysphagie Monate bzw. Jahre nach dem chirurgischen Eingriff erstmalig auftrat. Gleichzeitig wurde ein abnormales Erscheinungsbild der *Plica aryepiglottica* festgestellt. Da keine zuverlässige Therapie für diese Patienten beschrieben ist, untersuchten sie deren minimalinvasive Behandlung mittels *Augmentation* der *Plica aryepiglottica* (VIDOVIC und DELLING, 2017). Unter endoskopischer Kontrolle wurde initial Hyaluronsäure in die *Plica aryepiglottica* injiziert. Dies erfolgte am stehenden, sedierten Pferd. Die Kanüle wurde durch das *Ligamentum cricothyroideum* in das Kehlkopflumen eingeführt. Dies führte zur unmittelbaren Verbesserung der Dysphagie (VIDOVIC und DELLING, 2017). Eine erfolgreiche Behandlung mittels *Augmentation der Plica aryepiglottica* ist möglich, setzt jedoch eine sorgfältige Patientenauswahl voraus und wirkt nur kurzzeitig. Zur dauerhaften Behandlung der Dysphagie waren erneute Injektionen notwendig (VIDOVIC und DELLING, 2017). Über den Ultraschall vom Pferdekehlkopf und dessen Erscheinungsbild in der Sonographie am stehenden Pferd wurde in der Literatur bereits berichtet. Die sonographische Auswertung nach einer *Laryngoplastik* und *Ventrikulektomie* ist jedoch in der Literatur nur begrenzt dokumentiert (MILLER und CARSTENS, 2019). Eine prospektive Fallserie untersuchte 10 Vollblutrennpferde mit diagnostiziertem RLN über 3–10 Tage, 30–50 Tage und 6–12 Monate nach Laryngoplastik und *Ventrikulektomie* mittels Ultraschall und Endoskopie (MILLER und CARSTENS, 2019). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Ultraschalluntersuchung zur Erfolgsbeurteilung des Eingriffs, der Heilungsüberwachung und zur Erkennung von Komplikationen bei Pferden nach einer Laryngoplastik eingesetzt werden kann (MILLER und CARSTENS, 2019). Eine weitere Behandlungsoption für RLN ist die Reinnervation des *M.*

cricoarytenoideus dorsalis durch Transplantation des Nervs, der den *Musculus omohyoideus* innerviert. Ein Nerv, der aus dem ersten und zweiten Halsnerv gebildet wird und im Folgenden als C1/C2-Nerv bezeichnet wird (ROSSIGNOL et al., 2018). DUCHARME et al. (1989) beschrieben vor mehr als zwei Jahrzehnten die ersten Versuche einer Nerven-Muskel-Transplantation. Sie beschrieben drei Möglichkeiten der Reinnervation. Die Nerven-Muskel-Pedikel-Technik, bei der kleine Stücke des *M. omohyoideus* am Eintritt der C1/C2-Äste in den *M. omohyoideus* entnommen und in Längsschnitte im *M. cricoarytenoideus dorsalis* implantiert wurden (DUCHARME et al., 1989; FULTON et al., 2012). Die direkte Implantation des C1/C2-Nervenendes in die atrophiierte *M. cricoarytenoideus dorsalis* (DUCHARME et al., 1989) und drittens die Anastomose des C1/C2-Nervs an den Abduktorenzweig des linken *N. laryngeus recurrens*. Die Nerven-Muskel-Pedikel-Technik ist wahrscheinlich die einzige Reinnervationstechnik, die derzeit bei Pferden durchgeführt wird (FULTON et al., 1991 und 2012). Eine aktuelle Studie von ROSSIGNOL et al. (2018) beschreibt eine modifizierte Transplantationstechnik des zervikalen Nervens zur Behandlung der RLN bei Pferden und bewertet die Ergebnisse der Reinnervation mittels direkter Nervennadelstimulation des ersten zervikalen Nervs und Durchführung der Endoskopie vor und nach dem Eingriff (ROSSIGNOL et al., 2018). Bei 17 Pferden mit RLN wurde eine Operation durchgeführt. Die Reinnervation wurde durch Nervenstimulation bestätigt und die anschließende Abduktion des Arytenoids wurde in elf von zwölf Fällen zwischen vier und zwölf Monaten postoperativ beobachtet (ROSSIGNOL et al., 2018). Bei 14 Pferden wurde vor und nach der Operation eine Belastungsendoskopie durchgeführt. Bei neun Pferden verbesserte sich der RLN-Belastungsgrad, bei vier Pferden blieb er gleich und bei einem Pferd verschlechterte er sich nach der Operation (ROSSIGNOL et al., 2018). Die elektrische Stimulation von Nerven oder Muskeln könnte in Zukunft eine weitere praktikable Therapieoption sein, obwohl die *Abduktion des Arytenoids* bei Pferden mit RLN Grad 4 in einer Studie nicht erreicht wurde (DUCHARME et al., 2010; CHEETHAM et al., 2011; VANSCHANDEVIJL et al., 2011). Die funktionelle Erholung der Muskeln, nach einer durch eine periphere Nervenverletzung verursachten Denervierung, kann durch mehrere Faktoren beeinträchtigt werden. Muskelfasern, die nicht mehr von Axonen erreicht werden, können sich nicht von der Denervierungsatrophie erholen (FU, 1995). Nach einer peripheren Nervenverletzung nimmt die Muskelmasse selbst nach einer sofortigen Nervenreparatur erheblich ab. Nach einem Monat Denervierung treten signifikante Muskelveränderungen auf, die eine vollständige Erholung verhindern (KOBAYASHI et al., 1997). Die funktionelle Elektrostimulation hat sich als vorteilhaft für die Verbesserung der Muskelmasse und der ultrastrukturellen Eigenschaften von langfristig denervierten Muskeln erwiesen (KERN et al., 2005; BONCOMPAGNI et al., 2007). Darüber hinaus wurden Belege für die positive Wirkung der funktionellen Elektrostimulation auf die Modulation der Muskelapoptose (LIM und HAN, 2010), die Empfänglichkeit der Muskeln für

regenerierende Axone (WILLAND et al., 2013) und die Wiederherstellung der Größe, der funktionellen und histochemischen Muskeleigenschaften während der Reinnervation (MARQUESTE et al., 2006) beschrieben. Trotz der Literatur, die die positive Wirkung funktioneller Elektrostimulation unterstützt, beschreiben einige Studien auch schädliche Auswirkungen nach peripheren Nervenverletzungen (RUSSO et al., 2007; GIGO et al., 2010; PINHEIRO-DARIS, 2017). Darüber hinaus wurde gezeigt, dass eine erhöhte neuromuskuläre Aktivität eines teilweise denervierten Muskels die Bildung von Schwann-Zell-Brücken verhindert, was zu einem Rückgang der terminalen axonalen Sprossung (wenn auch nicht der nodalen Sprossung) führt, was oft fälschlicherweise als nachteilige Auswirkung von funktioneller Elektrostimulation auf die Reinnervation angesehen wird (BROWN et al., 1979; TAM et al., 2001; TAM et al., 2003; LOVE et al., 2003). Derzeit gibt es nur wenige Informationen über den geeigneten Zeitrahmen oder die Auswirkungen der Stimulation eines Muskels vor und während der Reinnervationsphase. ZEALEAR et al. (2002) wiesen nach, dass die chronische Stimulation des *Cricoarytenoid-Muskels* beim Hund das Ausmaß der Reinnervation erhöht und die selektive, angemessene Reinnervation nach Durchtrennung des Nervus laryngeus recurrens (RLN) und Anastomose signifikant fördert (ZEALEAR et al., 2002). Die Auswirkungen auf die Reinnervation sind umstritten. CERCONE et al. (2019) konnten bei Pferden, die durch Kryoverletzung eine induzierte RLN hatten, mittels Elektrodenimplantation in den ipsilateralen *Cricoarytenoidmuskels* einen positiven Einfluss auf die Reinnervation feststellen. Der *M. cricoarytenoideus dorsalis* wurde bei acht Tieren 20 Wochen lang stimuliert, sieben Tiere dienten als Kontrollen. Die Kehlkopffunktion normalisierte sich in beiden Gruppen innerhalb von 22 Wochen (CERCONE et al., 2019). Funktionelle Elektrostimulation verbesserte die Muskelkraft und Geometrie und führte zu einem erhöhten Anteil an Fasern vom Typ I:II im stimulierten Muskel (CERCONE et al., 2019). Die funktionelle Elektrostimulation zeigte keine nachteiligen Auswirkungen auf die Reinnervation. Sie kann eine unterstützende Behandlung zur Förderung der funktionellen Erholung des Kehlkopfes nach einer RLN-Verletzung darstellen (CERCONE et al., 2019). Mesenchymale Stammzellen sind seit mehr als einem Jahrzehnt ein fester Bestandteil in der Pferdemedizin in Forschung und Praxis (SANDERSEN et al., 2018). Obwohl es noch kaum gesicherte Studien über ihre Effizienz gibt (SANDERSEN et al., 2018). Die beiden am häufigsten genutzten Quellen für adulte mesenchymale Stammzellen bei Pferden sind Knochenmark und Fettgewebe (CEUSTERS et al., 2017). Beide Entnahmetechniken sind relativ invasiv und führen nicht immer zu einer ausreichenden Anzahl von Zellen. Kürzlich beschrieben CEUSTERS et al. (2017) eine weniger invasive Mikrobiopsietechnik, bei der die Kultivierung von Stammzellen aus quergestreifter Muskulatur gewonnen wird. Die Stammzellen sind zur Selbsterneuerung, Multipotenz und Differenzierung fähig (CEUSTERS et al., 2017; DING et al., 2011). Ihre Fähigkeit, sich in alle Mesodermlinien von Fett, Knochen, Muskeln und Knorpel zu

differenzieren, ist inzwischen gut belegt (TOHILL et al., 2004). Unter bestimmten Umweltbedingungen können sie sich jedoch auch in nicht-mesenchymale Linien wie Neuronen, Astrozyten und myelinisierende Zellen des peripheren Nervensystems und des Rückenmarks differenzieren (TOHILL et al., 2004; JI et al., 2004). Sie wurden bereits in mehreren Neuropathiemodellen eingesetzt (TOHILL et al., 2004; JI et al., 2004). Ihre Fähigkeit, in Bereiche degenerierten Nervengewebes einzuwandern und neurale Zellen zu regenerieren, wurde nach systemischer und lokaler Verabreichung nachgewiesen (JI et al., 2004). Darüber hinaus können Stammzellen abgeleitete Schwannzellen ähnliche Zellen und Makrophagen rekrutieren. Diese entfernen Zelltrümmer und sondern neurotrophe Faktoren ab, die das axonale Wachstum und die Remyelinisierung fördern (JIANG et al., 2017). In einer aktuellen Studie von SANDERSEN et al. (2018) wurden die Muskel-Stammzellen aus fünf gesunden Trabern durch Entnahme von 20 Milligramm Muskelgewebe mit einer halbautomatischen 14-G-Biopsienadel aus dem Trizepsmuskel gewonnen. Der linke *Nervus laryngeus recurrens* wurde mit einer isolierten elektrischen Nervenstimulator-Nadel identifiziert. Der Nerv wurde mit 2 Milliampere stimuliert und die erfolgreiche Abduktion des linken Arytenoids wurde endoskopisch überwacht (SANDERSEN et al., 2018). Die Stimulationsintensität wurde schrittweise verringert. Als bei 0,5 Milliampere ein Verlust der motorischen Reaktion beobachtet wurde, wurden die autologen muskelabgeleiteten Stammzellen injiziert (SANDERSEN et al., 2018). Die Kehlkopffunktion der Pferde wurde vor der Behandlung sowie am Tag 1, am Tag 7 und am Tag 28 nach der Injektion der Zellen befundet. Bei einem sechsten Pferd wurde 1 ml zweiprozentiges Lidocain injiziert, um die korrekte Positionierung der Nadel zu bestätigen. Dies führte zu einer vorübergehenden Lähmung des linken Arytenoidknorpels (SANDERSEN et al., 2018). Diese Studie beweist, dass der *Nervus laryngeus recurrens* mit Hilfe eines elektrischen Nervenstimulators erreicht werden konnte. Die elektrische Stimulation des Nervens wurde gut von den Pferden vertragen (SANDERSEN et al., 2018). Bei keinem der Pferde wurde nach der Injektion der Stammzellen eine Veränderung der Kehlkopffunktion beobachtet. Weitere Studien sollten die Auswirkungen einer perineuronalen Injektion von autologen, aus Muskeln gewonnenen mesenchymalen Stammzellen bei Pferden mit RLN untersuchen (SANDERSEN et al., 2018).

2.5.5 Therapie des *Epiglottis*-Entrapments

Es gibt verschiedene chirurgische Korrekturtechniken mit günstigen Ergebnissen (TULLENERS, 1990; ROSS et al., 1993; LUMSDEN et al., 1994; GREET, 1995; PERKINS et al., 2007; RUSSELL et al., 2007; LACOURT und MARCOUX, 2011; COLERIDGE et al., 2015). Die gebräuchlichsten Techniken durchtrennen das einklemmende Gewebe und ermöglichen die Rückkehr in eine normale Position. Dies geschieht mit einem Diodenlaser oder einer langen Hakenklinge. Beide Eingriffe erfolgen unter videoendoskopischer Kontrolle (CURTISS

et al., 2019). Als postoperative Komplikationen der chirurgischen Therapie werden bleibende *Epiglottis*verformungen, eine habituelle Dorsalverlagerung des Gaumensegels, Entrapment-Rezidive und beim transnasalen Einsatz des hakenförmigen Bistouri auch eine versehentliche Durchtrennung des Gaumensegels (iatrogene Gaumenspalte) beschrieben (FEY und OHNESORGE, 2016). COLERIDGE et al. (2015) beschreibt die Anwendung einer Drahtschlingentechnik (wire snare technique) für die Therapie des Entrapments. Unter Vollnarkose wurde die *Epiglottis* freigelegt. Dafür wurde die Schleimhaut mit einer Zange gefasst und nach rostral gezogen. Eine speziell angefertigte Schlinge wurde über die Zange geführt, um die überflüssige subepiglottische Schleimhaut zu umschließen (COLERIDGE et al., 2015). Mit der Zange wurde Spannung auf die Schleimhaut ausgeübt, während der Geburtshilfedraht an der Basis gestrafft und die überflüssige Schleimhaut (*Aryepiglottisfalte*) exzidiert wurde (COLERIDGE et al., 2015). Das Verfahren wurde erfolgreich bei acht adulten Vollblutpferden durchgeführt. Bei keinem Pferd traten Komplikationen oder Leistungseinbußen auf. In einer erneuten endoskopischen Untersuchung konnte bei keinem Pferd mehr ein Entrapment der *Epiglottis* festgestellt werden (COLERIDGE et al., 2015). Diese minimalinvasive Technik ist eine preisgünstige und einfache Methode zur Resektion von *subepiglottischer* Schleimhaut bei erwachsenen Pferden (COLERIDGE et al., 2015). In einer retrospektiven Kohortenstudie wurde das Ergebnis der transendoskopischen Laserchirurgie zur Behandlung des *Epiglottis* Entrapments von Vollblutrennpferden vor und nach dem Eingriff anhand der Renngewinnsumme verglichen (KIEFFER et al., 2018). Die Daten von 66 Pferden, die mit einem transendoskopischen Lasereingriff behandelt wurden, wurden mit unbehandelten Kohorten (n = 132) verglichen. Die Daten nach der Operation wurden in Form der Anzahl der Starts und der Renngewinne für jedes Quartal nach dem Datum der Operation zusammengestellt (KIEFFER et al., 2018). Die behandelten Pferde schnitten in ihrem letzten Rennen vor der Operation schlechter ab als die unbehandelten Pferde (KIEFFER et al., 2018). Obwohl die behandelten Pferde im ersten Quartal nach der Operation weniger Rennen bestritten und weniger Geld verdienten als die unbehandelten Pferde, unterschieden sich die vierteljährlichen Gewinne oder Starts nach dem ersten Quartal nicht zwischen den Gruppen (KIEFFER et al., 2018). Pferde, die wegen einem Entrapment mittels transendoskopischer Laserchirurgie behandelt wurden, erreichten bis zum zweiten Quartal nach der Operation wieder ein Leistungsniveau, das mit dem ihrer unbehandelten Kohorten vergleichbar war (KIEFFER et al., 2018). Auch CURTISS et al. (2019) wiesen in ihrer Studie an einjährigen Vollblutrennpferden, die wegen einem *Epiglottis*-Entrapment behandelt wurden, keine Unterschiede in den Leistungsvariablen im Vergleich zu ihrer unbehandelten Kohorte auf. Sie beschreiben, dass ein *Epiglottis*-Entrapment mit abnormaler Bewegung des rechten *Arytenoids* die Chancen auf eine postoperative Rennteilnahme verringern kann (CURTISS et al., 2019). In einer aktuelleren Studie von BESTE et al. (2020) wurde die Lasertechnik

weiterentwickelt. Zur chirurgischen Korrektur des *Epiglottis*-Entrapments wurde eine silikonbeschichtete Laserführung für einen Diodenlaser verwendet. In der retrospektiven Fallserie wurden postoperative Komplikationen, Zufriedenheit der Trainer und der Effekt des Eingriffes auf die postoperativen Gewinnsummen der Traber und Galopper verglichen (BESTE et al., 2020). Der Eingriff wurde am stehenden sedierten Pferd durchgeführt. Die Laserführung wurde endoskopisch platziert, um den Diodenlaser beim Durchtrennen der subepiglottischen Membran zu steuern und als physische Barriere zwischen der Membran und der Epiglottis zu dienen (BESTE et al., 2020). Die *subepiglottische* Membran wurde bei allen Pferden (n = 29) erfolgreich entfernt. Leichte postoperative Komplikationen wie Schwellungen an der Operationsstelle (zweölf Pferde) und Husten oder leichter Nasenausfluss (fünf Pferde) wurden in den ersten Tagen nach der Operation beobachtet (BESTE et al., 2020). 96 % der Trainer waren mit dem Ergebnis des Eingriffs zufrieden, 93 % der Pferde kehrten zu den Rennen zurück (BESTE et al., 2020). Damit ist dieses Verfahren eine komplikationsarme geeignete Alternative zum herkömmlichen Laserverfahren, mit guter Prognose für die Rückkehr der Pferde zum Rennsport (BESTE et al., 2020).

2.5.6 Therapie der axialen Deviation der *Plica aryepiglottica*

Aktuelle Studien stellten fest, dass der dynamische Kollaps des Pferdekehlkopfes, insbesondere die *axiale Deviation der Plica aryepiglottica*, klinisch ähnlich wie die *Laryngomalazie* beim Menschen ist (LAWRENCE, 2018). *Laryngomalazie* ist die häufigste Ursache für Stridor bei Säuglingen (LAWRENCE, 2018). Die axiale Abweichung der *Aryepiglottisfalten* ist eine Erkrankung, die klinisch am ehesten mit der *Laryngomalazie* beim Menschen vergleichbar ist und ebenfalls am häufigsten in den unreifen Atemwegen von Pferden vorkommt (LAWRENCE, 2018). Beide Erkrankungen werden entweder konservativ oder, wenn die Symptome es erfordern, mit einem chirurgischen Eingriff behandelt, da die Stenose zu einer Behinderung der Atemtätigkeit führt. Die für die *axiale Deviation der Plica* und *Laryngomalazie* durchgeführten operativen Verfahren sind technisch vergleichbar (LAWRENCE, 2018). Als Therapie wird eine Resektion der sich verlagernden Schleimhautfalten empfohlen, die entweder konventionell via *Laryngotomie* oder minimalinvasiv erfolgen kann (FEY und OHNESORGE, 2016). Die transendoskopische Laserexzision der *Aryepiglottisfalten* zur Behandlung der axialen Deviation der *Plica aryepiglottica* wurde erstmals 1993 durchgeführt (ROBERTSON, 1991). Es existieren nur begrenzte epidemiologische und Follow-up-Informationen zu Pferden, die konservativ oder durch laserchirurgische Exzision des betroffenen *Aryepiglottisgewebes* behandelt wurden (ROBERTSON, 1991; PARENTE et al., 1994; KING et al., 1997; PARENTE, 1997; TULLNERS, 1997; TULLNERS, 1997). Über andere Behandlungsoptionen wurde nicht berichtet (KING et al., 2001). Bei der transendoskopischen Laserexzision der

Aryepiglottisfalten wird mit dem Laser ein gleichschenkliges, rechtwinkliges Gewebedreieck von 2 cm Länge rausgeschnitten (KING et al., 2001). Von rostral wird unmittelbar neben dem *Epiglottisansatz* ein horizontaler Einschnitt in die Schleimhaut vorgenommen und nach kaudal fortgeführt. Mit einer Drehung der Fassungszange wird Zug auf die *Aryepiglottisfalte* in rostromedialer Richtung ausgeübt (KING et al., 2001). Anschließend erfolgt ein vertikaler Einschnitt von dorsal nach ventral (Einschnitt neben den Ansätzen am Dornfortsatz des *Arytenoidknorpels*), um das Gewebe zu entfernen (KING et al., 2001). Von 52 Pferden mit *axialer Deviation* der *Plica aryepiglottica* wiesen in der Studie von KING et al. (2001) 19 Pferde mindestens eine andere Anomalie der oberen Atemwege auf. Es gab keinen offensichtlichen Zusammenhang zwischen der axialen Deviation der *Plica aryepiglottica* und anderen Ursachen für eine dynamische Obstruktion der oberen Atemwege (KING et al., 2001). Die chirurgische transendoskopische Laserexzision der *Aryepiglottisfalten* war erfolgreich. Sie wurde bei stehenden und narkotisierten Pferden ohne Komplikationen durchgeführt (KING et al., 2001). Wenn die *axiale Deviation* der *Plica aryepiglottica* die einzige Obstruktion der oberen Atemwege war, zeigten 75 % der operierten Pferde und 50 % der nicht operierten Pferde eine objektive Leistungsverbesserung (KING et al., 2001). Besitzer und Trainer berichteten bei den operierten Pferden über eine größere Leistungsverbesserung. Die chirurgische Behandlung wird zwar empfohlen, die klinische Erfahrung zeigt jedoch, dass sie nicht bei allen Pferden zur Behebung der *axialen Deviation* der *Plica aryepiglottica* erforderlich ist (KING et al., 2001). Die Besitzer und Trainer von Pferden, die operiert wurden, waren jedoch zufriedener mit dem Ergebnis als diejenigen, deren Pferde konservativ behandelt wurden (KING et al., 2001). Die transendoskopische Laserexzision des kollabierenden Teils der *Aryepiglottisfalten* führte zur Beseitigung der Atemwegsobstruktion und zur raschen Trainingsrückkehr (KING et al., 2001).

2.5.7 Therapie der *Epiglottis-Retroversion*

Die Behandlungsmöglichkeiten für die Retroversion der *Epiglottis* beim Pferd sind begrenzt. Bisher wurden eine Vergrößerung der *Epiglottis* mit Polytetrafluorethylenpaste und eine chirurgische Resektion der *subepiglottischen* Schleimhaut beschrieben (PARENTE et al., 1998; TERRON-CANENDO und FRANKLIN, (2013). Eine Rückkehr zur sportlichen Leistung ist jedoch unwahrscheinlich. Nur in einem Fall wurde berichtet, dass eine Rückkehr zum Rennsport möglich war, allerdings in einer niedrigeren „Rennklasse“. Die spezifische Auswirkung des chirurgischen Eingriffs auf die sportliche Leistung wurde nicht dokumentiert (PARENTE et al., 1998). In einer kleinen Fallserie wurde die chirurgische Behandlung und das Ergebnis von zwei Rennpferden beschrieben, bei denen eine Retroversion der *Epiglottis* diagnostiziert und behandelt wurde (CURTISS und PARENTE, 2019). Beide Pferde hatten in Belastung ein Atemgeräusch und eines der Pferde war aufgrund einer subepiglottischen Zyste

bereits operiert (CURTISS und PARENTE, 2019). Die Zyste wurde zuvor mit einem transendoskopischen Diodenlaser entfernt. Beide Pferde erhielten eine Epiglottopexie (CURTISS und PARENTE, 2019). Bei der *Epiglottopexie* wird das Fadenmaterial auf der Höhe der Verbindung von Schilddrüsen- und *Epiglottisknorpel* durch den Schilddrüsenknorpel gezogen und innerhalb der Faszie zwischen den Muskelbäuchen des *M. hyoepiglotticus* und dem Kehledeckelknorpel geführt und erneut von dorsal nach ventral durch den rostralen Aspekt des linken Flügels des Schilddrüsenknorpels und durch die ventrale Faszie der *Epiglottis* geführt und adaptiert (CURTISS und PARENTE, 2019). Sechs Monate nach dem Eingriff hatte kein Pferd mehr eine Retroversion der *Epiglottis* in der postoperativen Endoskopie (CURTISS und PARENTE, 2019). Beide nahmen wieder erfolgreich an Rennen teil. Die berichteten Geräusche der oberen Atemwege waren bei Wiederaufnahme des Trainings in beiden Fällen verschwunden (CURTISS und PARENTE, 2019).

2.6. Endoskopie der oberen Atemwege

Die Entwicklung der Endoskopie in der Pferdemedizin Ende der 1980er Jahre (MORRIS und SEEHERMAN, 1988; MORRIS und SEEHERMAN, 1990) war ein bahnbrechender Schritt, der das Wissen über die Ätiologie, Diagnose und Behandlung von Erkrankungen der oberen Atemwege bei Pferden immens erweiterte (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Vor der Etablierung der Hochgeschwindigkeits-Laufband-Endoskopie konnte über dynamische Obstruktionen der oberen Atemwege bei Pferden, die während des Trainings abnormale Atemgeräusche verursachten, nur spekuliert werden (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Über Jahrhunderte hinweg galt die *Recurrent laryngeal neuropathy* (RLN) als Ursache für pathologische Atemgeräusche. Das gesamte Spektrum des dynamischen Kehlkopfkollapses (welcher einen teilweisen und vollständigen Kollaps der *Arytenoide* sowie einen Kollaps der Stimm- und *Aryepiglottisfalte* umfasst, Abb. 15) wurde erst mit der Durchführung von Endoskopien der Atemwege in den späten 1980er und frühen 1990er Jahren deutlich (RAKESTRAW et al., 1991). Ebenso wurde vermutet, dass Gaumenfunktionsstörungen die Ursache für das „Gurgeln“ bei Pferden sind (COOK, 1970). Die genaue Beurteilung der Art und des Schweregrades der intermittierenden Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels (DDSP) gelang erstmalig mit dem Aufkommen der Endoskopie (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).



Abbildung 15: Endoskopisches Bild von einem *Arytenoidkollaps* (RAKESTRAW-Grad C) (Quelle: Patient der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin, A. K. Barton).

Im Laufe des darauf folgenden Jahrzehnts wurden mit zunehmender Erfahrung in der Laufbandendoskopie mehrere andere, bis *dato* unentdeckte Erkrankungen beschrieben (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012): die *axiale Deviation der Plica aryepiglottica* (KANNEGIETER und DORE, 1995), der dynamische *Nasopharynxkollaps* (STRAND und STAEMPFLI, 1993), der Kollaps der *Apex des Processus corniculatus* des linken *Aryknorpels* (DART et al., 2005), sowie der *bilaterale Arytenoid-* und *Stimmlippenkollaps* (STRAND et al., 2004) und die *Retroversion der Epiglottis* (PARENTE et al., 1998). Die Belastungsendoskopie auf dem Laufband oder die unter entsprechenden Trainingsbedingungen durchgeführte Overgroundendoskopie gilt als Goldstandard für die Diagnose von Pferden mit dynamischen Obstruktionen der oberen Atemwege (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).

2.6.1 Prävalenz häufiger dynamischer Störungen

Die Prävalenz dynamischer Störungen des oberen Respirationstraktes ist schwer zu bestimmen, da eine große zufällig ausgewählte Stichprobe von Pferden aus der gesamten Population erforderlich wäre, um dies zu ermitteln (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).

Tabelle 5: Prozentualer Anteil der Prävalenz oberer Atemwegspathologien von Pferden, die unter Belastung endoskopiert wurden (modifiziert nach BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).

Autoren	n =	U	obB	DDSP	PI	R	L	N	SBK	ADAF	NPK	EE	MA
						P	K	U					
Morris und Seeherman	127 T 37 VB	LE	76 %	14 %	NK	NK	NK	7 %	NK	NK	0,6 %	7 %	NK
Kanne-Geiter and Dore	23 T 77 VB	LE	28 %	22 %	3 %	16 %	7 %		3 %	4 %	3 %	8 %	1 %
Tan et al.	284 T 283 VB 7 SP	LE	34 %	25 %	NK	NK	NK	4%	15 %	36 %	2 %	2 %	51 %
Lane et al.	600 VB	LE	22 %	40 %	26 %	5 %	10 %		5 %	19 %	1 %	1 %	24 %
Barakzai and Dixon	235 VB	LE	32 %	16 %	17 %	14 %	6 %		7 %	11 %	1 %	0,7 %	43 %
Desmaizieres et al.	53 T/VB 15 a.	OE	35 %	28 %	1,5 %	NK	NK	18 %	NK	7 %	NK	1,5 %	6 %
Witte et al.	100 VB	OE	19 %	31 %	14 %	5 %	3 %		15 %	26 %	1 %	11 %	31 %
Strand et al.	64 NKBT 82 T	LE	38 % 18 %	30 % 30 %	35 % 31 %	NK	NK	13 % 9 %	NK	36 % 18 %	6 % 22 %	0 % 27 %	50 % 30 %
Franklin et al.	93 SP	LE	23 %	13 %	26 %	10 %	15 %		4 %	18 %	14 %	0 %	25 %
Davidson et al.	a.	LE	28 %	5 %	6 %	8 %	17 %		6 %	14 %	32 %	0 %	19 %
Van Erck	129 SP	OE	18 %	30 %	NK	19 %	19 %		41 %	17 %	75 %	NK	57 %

(n = Anzahl, T = Traber, VB = Vollblut, SP = Sportpferd, NKBT = Norwegischer Kaltbluttraber, a = andere, U = Untersuchungsmethode, LE = Laufbandendoskopie, OE = Overgroundendoskopie, obB = ohne besonderen Befund, DDSP = Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels, PI = Platinale Instabilität, RLN = Recurrent Laryngeal Neuropathy, P = partieller Kollaps, K = kompletter Kollaps, U = undefiniert, SBK = Stimmbandkollaps, ADAF = Axiale Deviation der Aryepiglottisfalten, NPK = Nasopharyngealer Kollaps, EE = Epiglottis Entrapment, MA = Multiple Abnormitäten, NK = nicht in der Studie kategorisiert, modifiziert nach BARAKZAI und CHEETHAM, 2012)

Daher wird häufiger die relative Prävalenz von Störungen in einer Population von Pferden angegeben, die ein abnormales Atemgeräusch und/oder eine schlechte Leistung aufweisen (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Hierbei ist zu beachten, dass die Prävalenz von dynamischen Störungen des oberen Respirationstraktes in klinisch auffälligen Populationen nicht direkt auf die gesamte Pferdepopulation übertragen werden kann, da erstere die Prävalenz von Krankheiten im Vergleich zu einer „gewöhnlichen“ Population tendenziell überbewertet (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Die relative Prävalenz für verschiedene Ursachen einer Obstruktion der oberen Atemwege bei Pferden, die zur Untersuchung aufgrund

von Leistungsverlust oder eines Verdachtes auf eine Abnormalität der oberen Atemwege untersucht wurden, zeigt Tabelle 5. Diese Studien zeigen Variationen in der Häufigkeit der Erkrankungen innerhalb von Rennrassen sowie zwischen Renn- und Sportpferden (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Sportpferde weisen die höchsten Prävalenzen von RLN, Stimmfaltenkollaps und *Nasopharyngealem* Kollaps auf, während bei Vollblütern die höchsten Prävalenzen für DDSP ermittelt werden konnten. Unabhängig von der untersuchten Population zeichnen sich zwei übereinstimmende Aspekte ab: ein sehr hoher Anteil der Fälle, weist mehrere Anomalien auf (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012) und mit Ausnahme der rezidivierenden Kehlkopfneuropathie ist die Fähigkeit der Ruheendoskopie, die Atemwegsfunktion bei Belastung vorherzusagen, äußerst schlecht (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). In einer aktuelleren australischen Studie von DAVISON et al. (2017) wurden 311 Vollblüter mit Leistungsschwäche und/oder Atemgeräuschen vergleichend in Ruhe und mittels Overgroundendoskopie untersucht. Dabei wurde die Inzidenz von dynamischen Obstruktionen der oberen Atemwege bestimmt und deren Korrelation mit den Ruhebefunden untersucht. 121 Tiere wiesen einen *Arytenoidknorpelkollaps* und 111 Tiere einen *Stimmlippenkollaps* auf. Bei 25 Tieren wurde eine intermittierende DDSP beschrieben. Der Grad 4 der RLN in Ruhe wurde bei 121 Tieren diagnostiziert (DAVISON et al., 2017). Es wurde ein Zusammenhang zwischen Pferden mit geringem Ruhe-*Arytenoids-Abduktionsvermögen*, mit dynamischem *Arytenoidknorpelkollaps* und höherem Ruhe-*Arytenoid-Abduktionsvermögen* mit DDSP gefunden. Anormale Atemgeräusche beim Training waren positiv mit dem Vorhandensein von dynamischen Obstruktionen der oberen Atemwege assoziiert. Diese Studie unterstreicht die Bedeutung einer Overgroundendoskopie bei der genauen Diagnose von dynamischen Obstruktionen der oberen Atemwege (DAVISON et al., 2017).

2.6.2 Overground Endoskopie

Rund 30 Jahre später wurden erhebliche technische Fortschritte erzielt. Die konsequente Zunahme der Verfügbarkeit von ferngesteuerten endoskopischen Systemen, die für den Einsatz bei Pferden konzipiert wurden, dienen als neuartige Alternative zur Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Die Verwendung dieser Technik ermöglichte die Durchführung einer Belastungsendoskopie an beliebigen Orten und unter natürlichen Trainingsbedingungen. Dieser technische Wandel spiegelte sich auch in den wissenschaftlichen Arbeiten wieder (TAMZALI et al., 2008; FRANKLIN et al., 2008; DESMAIZIERES et. al., 2009; POLLOCK et al., 2009; ALLEN und FRANKLIN, 2010; VAN ERCK, 2011; WITTE et al., 2011; PRIEST et al., 2012).

2.6.3 Vergleich Overgroundendoskopie mit Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie

Befürworter der Overgroundendoskopie behaupteten, dass sie im Vergleich zur Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie eine überlegenere Diagnosemethode darstellt (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Es gibt jedoch bisher keine stichhaltigen Beweise dafür, dass die eine Methode der anderen bei der Diagnose von oberen Atemwegserkrankungen überlegen ist. Studien, die direkte Vergleiche angestellt haben, bezogen sich bisher auf eine relativ kleine Anzahl von Pferden (ALLEN und FRANKLIN, 2010 mit $n = 4$ und VAN ERCKE-WESTERGREN et al., 2009 mit $n = 18$). Diese kleinen Studien berichteten jedoch beide, dass eine DDSP bei Pferden, die während der Laufbandendoskopie untersucht wurden, häufiger diagnostiziert wurde als bei der Untersuchung derselben Pferde mittels Overgroundendoskopie während des Trainings (VAN ERCKE-WESTERGREN et al., 2009; ALLEN und FRANKLIN, 2010). Umgekehrt scheint es, dass andere Syndrome mit zunehmender Häufigkeit mittels Overgroundendoskopie erkannt werden, wie z. B. der *ventromediale Kollaps des Arytenoids* (PRIEST et al., 2012) und die Retroversion der *Epiglottis* (VAN ERCKE-WESTERGREN et al., 2009). Die Overgroundendoskopie bietet gegenüber der Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie eine Reihe praktischer Vorteile. Darunter insbesondere der, dass das Pferd nicht zu einem Überweisungszentrum verbracht/transportiert werden muss und unter normalen Trainingsbedingungen trainiert werden kann (FRANKLIN et al., 2008; DESMAIZIERES et al., 2009; POLLOCK und REARDON, 2009). Bei Sportpferden ist ein weiterer Vorteil die Fähigkeit des Reiters, die Kopfposition zu manipulieren, um die Leistungsbedingungen zu replizieren. Dies ist bei dieser Leistungsgruppe ein besonders wichtiger Aspekt, da sich Obstruktionen der oberen Atemwege möglicherweise nicht ohne Halsflexion manifestieren (VAN ERCK, 2011; DAVIDSON et al., 2011). Auch bei Pferden, die auf Laufbändern trainieren, konnte mittels Ausbinder der Effekt erfolgreich induziert werden (STRAND und STAEMPFLI, 1993; FRANKLIN et al., 2006; DAVIDSON et al., 2011; STRAND und SKJERVE, 2011; STRAND et al., 2012). Die größte Einschränkung der Overgroundendoskopie ist eine möglicherweise unzureichende Trainingsintensität während der Untersuchung und damit eine falsch negative Diagnose (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Um dies zu vermeiden, ist es wichtig, dass vor der Untersuchung eine klare Kommunikation zwischen Tierarzt, Trainer und Reiter stattfindet, um die Dauer und Intensität der Belastung zu bestimmen. Die Overgroundendoskopie ist in der Regel nicht standardisiert, was ebenfalls zu einer erheblichen Variabilität der Ergebnisse führen kann (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Es ist schwierig, overgroundendoskopische Belastungstests vor Ort zu standardisieren, wenn mehrere Räumlichkeiten genutzt werden und wenn sich die Trainingsstrecken deutlich von den tatsächlichen Rennstrecken unterscheiden. In einer Studie war es nicht möglich, „Standardtestprotokolle“ zu erstellen, die für alle Vollblut-Rennpferde verwendet werden können (ALLEN und FRANKLIN, 2010). Daher

sollte bei Pferden, die während eines Rennens ungewöhnliche Geräusche machen oder eine schlechte Rennleistung aufweisen, eine möglichst authentische Rekonstruktion der Rennbedingungen erfolgen (ALLEN und FRANKLIN, 2010). Obwohl klinische Fälle wahrscheinlich zunehmend mittels Overgroundendoskopie diagnostiziert werden, ist es wahrscheinlich, dass für Forschungszwecke die Laufbandendoskopie die Methode der Wahl bleiben wird, da der Belastungstest standardisiert werden kann und andere Messungen der Atemfunktion gleichzeitig durchgeführt werden können (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012).

2.6.4 Validität von Untersuchungsergebnissen der Endoskopie

Eine Studie untersuchte, wie der Grad und das Erscheinungsbild von Störungen der oberen Atemwege, die bei der ersten Overgroundendoskopie festgestellt wurden, bei nachfolgenden Untersuchungen variiert (MC GIVNEY et al, 2019). Es wurden die Untersuchungsergebnisse von Pferden, die mindestens zweimal unter ähnlichen Belastungsbedingungen, ohne das in der Zwischenzeit eine Behandlung erfolgte, untersucht. Die endoskopischen Ruheuntersuchungen und die overgroundendoskopischen Untersuchungen wurden vor und nach dem Training bewertet (MC GIVNEY et al, 2019). Die Zeit zwischen den Untersuchungen betrug 226,5 Tage (Median). Die konstante Belastungsintensität der Trainingseinheiten konnte anhand der gleichbleibenden physiologischen Parameter festgestellt werden (Herzfrequenz [Elektrokardiogramm], Geschwindigkeit [global positioning system], Belastungsintensität [Blutlaktatwert], MC GIVNEY et al, 2019). Die pathologischen Befunde variierten für alle Erkrankungen signifikant zwischen den Untersuchungen, insbesondere für die Palatinale Instabilität (PI) und den *Epiglottis*-Grad in Ruhe. Für die PI und für die *Arytenoid*-Asymmetrie in Ruhe wurde ein zeitlicher Zusammenhang zwischen Untersuchungsintervall und Änderung des Störungsgrades identifiziert (MC GIVNEY et al, 2019). Aufgrund dieser Ergebnisse sollte, wenn therapeutische Entscheidungen auf der Grundlage einer einzigen Untersuchung getroffen werden, die mögliche Variabilität (mittels overgroundendoskopisch identifizierten oberen Atemwegsanomalien) berücksichtigt werden (MC GIVNEY et al, 2019). Eine derartige Variabilität könnte zudem teilweise die Entwicklung zusätzlicher Veränderungen des oberen Respirationstraktes nach einem chirurgischen Eingriff erklären (MC GIVNEY et al, 2019).

2.6.5 Auswirkung der Endoskopie auf die Behandlung oberer Atemwegsstörungen

Gegenwärtig ist die Ätiologie vieler Erkrankungen der oberen Atemwege noch unvollständig verstanden. Allerdings ist ein umfassendes Verständnis der Mechanismen, die diese komplexen Zustände hervorrufen, erforderlich, um langfristig wirksame Behandlungen zu entwickeln. Insbesondere bei der DDSP war die Verwendung der Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie wesentlich für die erfolgreiche Entwicklung experimenteller Modelle der Erkrankung sowie der Entwicklung neuer Behandlungsmethoden

(HOLCOMBE et al., 1997; 1999; 2001; 2002; DUCHARME et al., 2003; WOODIE et al., 2005; HOLCOMBE et al., 2007; CHEETHAM et al., 2009). Die Beobachtung enger Zusammenhänge zwischen den Erkrankungen kann Aufschluss über mögliche Krankheitsmechanismen geben. Beispielsweise die Beobachtung, dass eine axiale Abweichung der *Aryepiglottis*falten, die mit DDSP assoziiert ist (STRAND und SKJERVE, 2011), einen kaudalen Rückzug des Kehlkopfes oder Änderungen der Turbulenzmuster widerspiegelt (PIGOTT et al., 2010; DATTA et al., 2008; RAKESH et al., 2008). Die Beziehungen zwischen der Kopfposition und der Funktion der oberen Atemwege kann mittels dynamischer Endoskopie sowohl bei Rennpferden als auch bei Sportpferden aufgeklärt werden (STRAND et al., 2004; ALLEN und FRANKLIN, 2010; DAVIDSON et al., 2011; STRAND und SKJERVE, 2011). In der Tat können Belastungen mit Halsflexion erforderlich sein, bevor bei einem Pferd eine Erkrankung der oberen Atemwege ausgeschlossen werden kann (STRAND et al., 2012). Veränderungen der Kopfflexion können die Inzidenz komplexer Störungen bei Sportpferden erhöhen (VAN ERCK, 2011). Die Laufbandendoskopie ermöglichte strenge experimentelle Tests. Die Wirksamkeit vieler chirurgischer Behandlungen für dynamische Erkrankungen des oberen Atemwegtraktes wurden mittels Laufbandendoskopie untersucht (SHAPPELL et al., 1988; LUMSDEN et al., 1994; FRANKLIN et al., 2002; DUCHARME et al., 2003; BROWN et al., 2004; RADCLIFFE et al., 2006; ROBINSON et al., 2006; CRAMP et al., 2009). Bei klinischen Patienten hat die genaue Identifizierung von Erkrankungen des oberen Respirationstraktes und deren gezielte Behandlung große Vorteile gegenüber einem ungerichteten Ansatz. Ein gezielter Ansatz verbessert den chirurgischen Erfolg bei gleichzeitiger Verringerung der Morbidität des Patienten und senkt die Gesamtkosten für den Eigentümer (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Die Anwendung der Endoskopie muss als kosteneffektiv angesehen werden, da die Verluste durch falsche oder unvollständige Diagnosen erheblich sind (LANE, 2012). Dazu gehören die Kosten für falsche Behandlung, Kosten für Genesung und Umschulung, Kosten für zusätzliche Operationen, Verdienstaufschlag und Wertminderung von Pferden, die mehrfach operiert wurden (LANE, 2012).

2.6.6 Einfluss der Positionierung des Endoskopes auf die oberen Atemwege

Die Platzierung der Endoskopspitze im Pharynx kann die Ergebnisse der Endoskopie der oberen Atemwege beeinflussen. MC GIVNEY et al. (2019) fanden heraus, dass die Positionierung der Endoskopspitze signifikant mit dem Auftreten der *palatinalen* Dysfunktion assoziiert war. Bei 63/100 Pferden wurde mit dem Endoskop in der rostralen Position eine palatinale Dysfunktion festgestellt. Mit dem Endoskop in der kaudalen Position im Pharynx wurden nur bei 45/100 Pferden palatinale Dysfunktionen diagnostiziert (MC GIVNEY et al., 2019).

2.7 Das Zungenband und seine Anwendung am Pferd

In der langen Geschichte des Pferderennsports wurden zahlreiche Hilfsmittel eingeführt, um die Kontrolle über die Pferde zu erhöhen und ihre Leistung zu verbessern. Zungenbänder werden seit dem Jahre 1800 als konservative Behandlung bei Obstruktionen der oberen Atemwege empfohlen (FRANKLIN et al., 2002). Zungenbänder können aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Sie können zum Beispiel aus kleinen elastischen Gurten mit Klettverschluss (ventral am Unterkiefer) bestehen (FRANKLIN et al., 2002). Weitere Materialien sind elastische Bänder (elastische Gaze-Bandagen CORNELISSE; HOLCOMBE et al., 2001 b), Riemen aus Elastik/ Gummi, flexiblen Nylon (CHALMERS et al., 2013) oder Leder, die um die Zunge eines Pferdes gewickelt werden, um diese am Unterkiefer der Pferde zu fixieren (FRANKLIN et al., 2002). Zungenbänder schränken die Bewegung der Zunge innerhalb der Maulhöhle ein.

2.7.1 Prävalenz der Zungenbandanwendung

Die Verwendung von Zungenbändern ist sowohl bei Trabrennpferden als auch bei Vollblutrennpferden weltweit üblich (CORNELISSE et al., 2001; BEARD et al., 2001; FRANKLIN et al., 2002; BARAKZAI et al., 2009; CHALMERS et al., 2013 und SEALY et al., 2014). Die Prävalenz der Verwendung von Zungenbändern, die anhand von 60 zufällig ausgewählten Rennveranstaltungen (n = 180) im Vereinigten Königreich zwischen 2001 und 2003 berechnet wurde, lag bei 5,0 % (BARAKZAI et al., 2009 b). Nach dem ersten Einsatz des Zungenbandes wurde es in den ersten 12 Monaten bei den Rennpferden durchschnittlich in 77 % der Rennen eingesetzt, danach jedoch nur noch bei 55 % der Rennen (BARAKZAI et al., 2009 b). Von den Rennpferden die an einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels erkrankt waren, liefen 39 % der Pferde vor dem chirurgischem Eingriff (Tie-forward) mit Zungenband. Postoperativ wurde bei 41 % der operierten Rennpferde ein Zungenband eingesetzt (BARAKZAI et al., 2009 b). Andere Autoren gingen sogar von einem noch höheren Prozentsatz von 89 % aus (FRANKLIN et al., 2001). In einer australischen Fragebogenumfrage unter 112 Rennpferdetrainern gaben 62,5 % (n = 70) der Rennpferdetrainer an, Zungenbänder zu verwenden (WELLER et al., 2021). In deutschen Rennpopulationen konnten in einer aktuelleren Fragebogenumfrage (vor dem Verbot) folgende Ergebnisse erzielt werden: Von den 581 trainierten Rennpferden wurden 17,2 % der Tiere im Training ein Zungenband angelegt. Im Renneinsatz stieg die beobachtete Zahl der Anwendungen auf 19,3 % (BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019). Die aktuellste Studie von NOSCHKA et al. (2021) beschreibt mittels einer retrospektiven Kohortenstudie die Häufigkeit des Zungenbandeinsatzes im australischen Vollblutrennsport und deren Verwendungsgründe. Daten aller australischen Vollblut Pferderennen (aus den Jahren 2010–2013) wurden aus der Racing Information Services Australia Datenbank gesammelt. In dem

Zeitraum gab es insgesamt 728.678 Starts von 62.377 Pferden, die von 4.927 Trainern trainiert wurden und die an 1.453 Renntagen in 402 Veranstaltungsorten liefen (NOSCHKA et al., 2021). Zungenbänder wurden bei 21,4 % der Starts verwendet; die Häufigkeit variierte jedoch je nach je nach Ort, Rennen, Trainer und Pferd (NOSCHKA et al., 2021). Mindestens ein Mal trugen 32,2 % der Pferde ein Zungenband (NOSCHKA et al., 2021). 7,6 % der Rennpferde trugen das Zungenband bei jedem aufgezeichneten Rennen (NOSCHKA et al., 2021). Die Trainer verwendeten mit einem Prozentsatz von 71,3 % bei mindestens einem ihrer Pferde ein Zungenband. Nur 1,4 % der Trainer verwendeten Zungenbänder systematisch (NOSCHKA et al., 2021). Die Fragebogenstudie von WELLER et al. (2021) berichtet über die Ergebnisse einer Umfrage unter Rennpferdetrainern (n = 112), in der die Gründe für die Verwendung von Zungenbändern und Nasenriemen durch Galopprennpferdetrainer (n = 72) und Trabrennpferdetrainer (n = 40) ermittelt wurden. Die Studie untersuchte auch die berichtete Wirksamkeit der Zungenbandanwendung und mögliche Komplikationen, die sich aus deren Anwendung ergeben (WELLER et al., 2021). Die Gründe für die Verwendung von Zungenbändern variierten zwischen den Nutzungsgruppen (WELLER et al., 2021). Bei den Galopprennpferden war der häufigste Grund für die Zungenbandanwendung die Verhinderung oder Verringerung der Atemwegsobstruktion (72,3 %, n = 34), dicht gefolgt von der Verhinderung oder Verringerung von Atemwegsgeräuschen (55,3 %, n = 16) (WELLER et al., 2021). Ausbilder von Trabrennpferden wiesen der Verwendung von Zungenbändern die gleiche Bedeutung zu, Verringerung oder Verhinderung der Atemwegsobstruktion (69,6 %, n = 16) und um zu verhindern, dass das Pferd seine Zunge über das Gebiss legt (69,6 %, n = 16). Zungenbänder wurden als weniger wirksam bei der Verbesserung der Leistung angesehen, als bei der Verringerung der Atemwegsobstruktion und der Verhinderung, dass sich die Zunge über das Gebiss verlagert wird (WELLER et al., 2021). Bei den Befragten, die sowohl das Zungenband als auch des Nasenband verwendeten, gab es einen leichten bis mittleren positiven Zusammenhang zwischen den Gründen für deren Verwendung. Von den 70 Befragten, die Zungenbänder benutzten, gaben 51,4 % (n = 36) an, dass sie entweder eine körperliche oder eine verhaltensbedingte Komplikation aufgrund der Zungenbandanwendung erlebt hatten (WELLER et al., 2021). Dabei waren Rötungen oder Quetschungen der Zunge (20,0 %, n = 14) die am häufigsten berichteten körperlichen Komplikationen (WELLER et al., 2021). Die Dauer der Anwendung beeinflusste das Risiko der Beobachtung von Komplikationen (WELLER et al., 2021). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Befragter eine verhaltensbedingte Komplikation aufgrund einer Zungenbandanwendung meldete, stieg mit jeder Minute, die die Anwendung dauerte (WELLER et al., 2021). Mit jeder neunminütigen Verlängerung der Anwendungsdauer verdoppelte sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Befragter eine Komplikation meldete. Je enger die Hilfsmittel angelegt wurden, desto größer war der Risikofaktor für körperliche Komplikationen. Je größer die Zungenbandspannung war,

(Zunge kann nicht mehr bewegt werden) desto eher erhöhte sich das Auftreten von körperlichen Komplikationen (WELLER et al., 2021). Diese Studie gibt einen gewissen Einblick in die Art und Weise, wie und warum Zungenbänder von einigen Rennpferdetrainern angewendet werden. Die Arbeit zeigt die potenziellen Risiken, die mit ihrer Verwendung verbunden sind gewonnen werden auf (WELLER et al., 2021).

2.7.2 Anwendungsgründe für das Zungenband (Effekt auf die oberen Atemwege)

Der primär vermeintliche Zweck ist erstens die konservative Behandlung von Obstruktionen der oberen Atemwege, hauptsächlich zur Verhinderung der dorsal Verlagerung des weichen Gaumensegels. Es wurde vermutet, dass Zungenbänder DDSP verhindern können, indem sie den Nasopharynx stabilisieren und eine kaudale Retraktion der Zunge und damit des Larynx verhindern, der sich in der Folge aus dem Ostium intrapharyngeum dislozieren kann (COOK 1882). Zweitens soll mit dem Einsatz eine Leistungsverbesserung herbeigeführt werden. Und der dritte Zweck ist die Kontrolle über das Pferd zu verbessern in dem verhindert wird, dass es seine Zunge über das Gebiss verlagert und sich den Hilfen entzieht (CORNELISSE et al., 2001; CHALMERS et al., 2013; BARAKZAI et al., 2009; Abb. 16). Der korrekte Sitz des Gebisses während des Rennens ist wichtig, um die reiterliche bzw. die Kontrolle durch den Fahrer zu behalten. Der Entzug der Kontrolle durch das Pferd, kann für Fahrer, Jockey und andere Rennteilnehmer ein großes Risiko darstellen (CHALMERS et al., 2013).

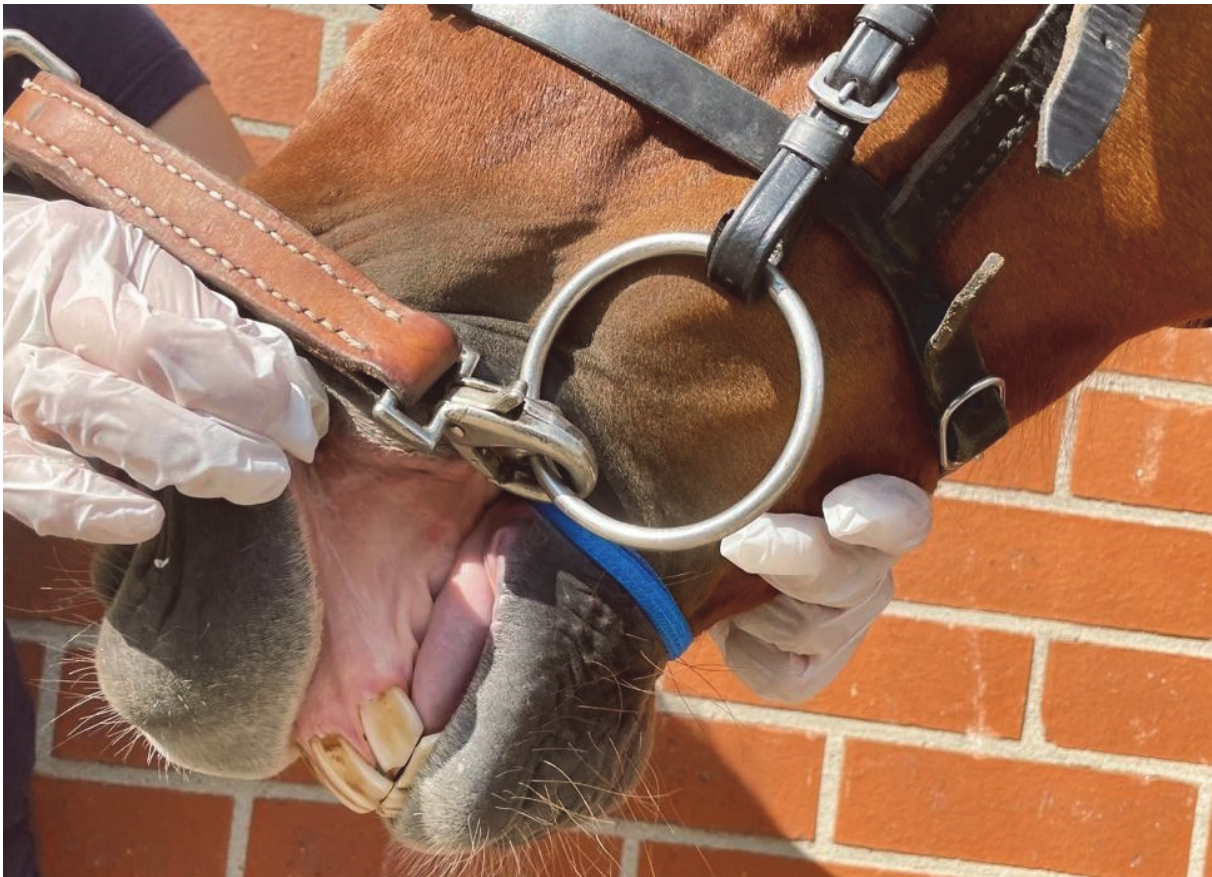


Abbildung 16: Zungenband fixiert die Zungenposition des Pferdes unterhalb des Trensengebisses (Quelle: eigene Aufnahme).

In manchen Rennställen werden daher Zungenbänder routinemäßig eingesetzt (CHALMERS et al., 2013). Die Verwendung von Zungenbändern im Rennsport ist weit verbreitet, doch es gibt es nur wenige Daten, die ihre Wirksamkeit belegen. Um angemessene Empfehlungen für die klinische Praxis und die Politik in Bezug auf Zungenbinden geben zu können, sind Daten erforderlich, die ihre Auswirkungen auf die Struktur der oberen Atemwege dokumentieren (CHALMERS et al., 2013). Die Wirksamkeit und der genaue Mechanismus des Zungenbandes zur Verhinderung des Auftretens einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumens bleibt weiterhin umstritten (BEARD et al., 2001; FRANKLIN et al., 2002; CHALMERS et al., 2013; BARAKZAI et al., 2009; ALLEN et al., 2012). Ziel der Studie von FRANKLIN et al. (2001) war es, die Wirksamkeit eines Zungenbandes bei klinisch an DDSP erkrankten Rennpferden zu bestimmen. Bei 6 Vollblutrennpferden mit bestätigter DDSP wurden während einer hochintensiven Laufbandbelastung (mit und ohne Zungenband) videoendoskopische Aufnahmen und Messungen des Atemluftstroms durchgeführt. DDSP wurde bei allen 6 Pferden ohne Zungenbandanwendung bestätigt, trat aber nur bei 4 Pferden mit Zungenband auf (FRANKLIN et al., 2001). Bei einem Pferd verlagerte sich der Gaumen nur bei der Verlangsamung nach intensiver Bewegung, während bei dem anderen Pferd kein DDSP auftrat (obwohl eine Gaumeninstabilität bestehen blieb). Die Zungenbandanwendung führte

zu keiner signifikanten Veränderung der Laufzeit bis zur Ermüdung oder der gemessenen Atemvariablen (FRANKLIN et al., 2001). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Verwendung des Zungenbandes bei der Mehrheit der Pferde nicht wirksam war (FRANKLIN et al., 2001). Ein DDSP konnte nur bei einem Pferd verhindert werden. In den Fällen, in denen DDSP nicht verhindert werden konnte, verbesserte die Zungenbandanwendung die Ventilation nicht (FRANKLIN et al., 2001). Durch CORNELISSE et al., (2009 a) wurde Auswirkung des Zungenbands auf die Mechanik der oberen Atemwege bei fünf Trabrennpferden unter Laufbandbelastung ermittelt. Der inspiratorische und expiratorische Tracheal- und Pharyngealdruck, die Atemfrequenz sowie der Luftstrom wurden gemessen, während die Pferde mit und ohne Zungenband auf einem Laufband trainierten (CORNELISSE et al., 2009 a). Der inspiratorische und expiratorische Spitzenwert des trachealen, pharyngealen und translaryngealen Widerstands, die Minutenventilation und das Tidalvolumen wurden berechnet (CORNELISSE et al., 2009 a). Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf den inspiratorischen oder expiratorischen Tracheal- oder Pharyngealwiderstand, den Spitzendruck, den expiratorischen Spitzenfluss, das Tidalvolumen, die Atemfrequenz oder die Minutenventilation festgestellt werden. Das Anlegen eines Zungenbands verbesserte bei klinisch gesunden Pferden nicht die Mechanik der oberen Atemwege (CORNELISSE et al., 2009 a). CORNELISSE et al. (2001 b) untersuchte die Auswirkung der manuellen Zungenprotrusion auf die Dimensionen des Zungenbeinapparates, des Nasopharynx und des Oropharynx bei 5 anästhesierten Pferden. Die Pferde wurden unter Vollnarkose für 2 aufeinander folgende Computertomographien (CT) in Sternum-Lage gebracht. Die Bildgebung erfolgte mit der Zunge in einer natürlichen Position im Maul und wurde danach nach rostral gezogen und fixiert und es wurde ein zweiter CT-Scan durchgeführt (CORNELISSE et al., 2001 b). Die dorsoventrale Länge des Zungenbeinapparats und die Winkel des *Basisphenoids*, des *Basihyoids* und des *Ceratohyoids* wurden auf dreidimensional rekonstruierten CT-Bildern gemessen (CORNELISSE et al., 2001 b). Die Querschnittsdurchmesser und -flächen von Nasopharynx und Oropharynx wurden auf formatierten Bildern in der Quer- und Längsebene bestimmt. Es konnte kein Einfluss auf die Position des Zungenbeinapparats oder die Abmessungen des Nasopharynx oder Oropharynx festgestellt werden (CORNELISSE et al., 2001 b). Es konnte nicht bewiesen werden, dass die Zungenbandanwendung die Stabilität und Durchgängigkeit der nasopharyngealen oder orolaryngealen Atemwege bei Pferden während des Rennens erhalten kann (CORNELISSE et al., 2001 b). In der Studie von BARAKZAI et al. (2005) verglichen die Rennaufzeichnungen von 31 Vollblutrennpferden, die wegen einer dorsalen Verschiebung des weichen Gaumens konservativ behandelt wurden (Ruhe, Verbesserung der Fitness und/oder Zungenbandanwendung), mit 62 vergleichbaren Kontrollpferden. Ihre Rennleistung wurde anhand der gewonnenen Preisgelder für drei Rennen verglichen, die vor und nach der

Diagnose der Erkrankung stattfanden. 19 (61 %) der konservativ behandelten Pferde erzielten nach der konservativen Behandlung höhere Gewinne als vor der Behandlung, verglichen mit 27 (43,5 %) der Kontrollpferde. Bei den konservativ behandelten Pferden war ein Anstieg des Gewinns zu verzeichnen, während es bei der Kontrollgruppe keinen signifikanten Unterschied gab (BARAKZAI et al., 2005). BARAKZAI et al. (2009 c) erforschten in ihrer Arbeit an erkrankten Rennpferden mit idiopathischer intermittierender DDSP die Wirksamkeit der thermischen Kauteroperation im Vergleich zu konservativ behandelten Rennpferden. Der Erfolg der konservativen und chirurgischen Behandlungen wurde anhand des Einflusses auf die Rennleistung von Rennpferden beurteilt. Es wurden Rennaufzeichnungen von definitiv an DDSP erkrankten Vollblut-Rennpferden eingeholt. Die Rennleistung wurde anhand der gewonnenen Preisgelder bewertet. Es wurden 48 chirurgisch versorgte (Thermokauterisation) Rennpferde und 30 konservativ behandelte Kontrollpferde mit in die Studie einbezogen. Der Gewinn vor der Behandlung ging in dem Rennen unmittelbar vor der Diagnose deutlich zurück. Ein hoher Anteil der Pferde, die zuvor an Rennen teilgenommen hatten, kehrte nach beiden Behandlungen zum Rennen zurück (90–96 %). Ein pferdeinterner Vergleich der Ergebnisse von drei Rennen vor und nach der Behandlung zeigte, dass 53 % der konservativ behandelten Pferde und 36 % der Thermokauterisierungsgruppe eine Leistungssteigerung aufwiesen. Ein höherer Prozentsatz der konservativ behandelten Kontrollpferde hatte eine verbesserte individuelle Leistung im Vergleich zu den Pferden, die mit Thermokauter behandelt wurden. Der Vergleich der beiden Behandlungsmethoden ist mit Vorsicht zu interpretieren, da die Behandlungen nicht randomisiert waren, was zu einer Variabilität der Ausgangsdaten zwischen den Gruppen führte (BARAKZAI et al., 2009 c). In der Studie von BEARD et al. (2009) sollte die Auswirkung der Zungenbandanwendung auf die Mechanik der oberen Atemwege bei sechs klinisch unauffälligen Pferden nach erfolgter Sternothyrohyoid-Myektomie bestimmt werden, die auf einem Laufband trainierten. Die Mechanik der oberen Atemwege wurde vier Wochen nach erfolgreichem Eingriff auf dem Laufband gemessen. Der Inspirations- und Expirationsdruck im Pharynx und in der Trachea wurde mit einem transnasalem Pharynx- und Trachealkatheter gemessen, die an einen Differenzdruckwandler angeschlossen waren (BEARD et al., 2009). Den Pferden wurde eine Gesichtsmaske aufgesetzt, und der Luftstrom wurde mit einem Pneumotachographen gemessen (BEARD et al., 2009). Die Pferde durchliefen ein standardisiertes Untersuchungsprotokoll auf einem Laufband bei 18, 28,8 und 36 Kilometer die Stunde mit und ohne Zungenband in einem randomisierten Cross-over-Design (BEARD et al., 2009). Es konnten bei keiner der gemessenen Atemvariablen (inspiratorischer, expiratorischer Luftstrom, Trachealdruck, Pharynxdruck und die inspiratorischen und die expiratorischen Widerstände) eine Auswirkung des Zungenbandes festgestellt werden (BEARD et al., 2009). Die Ergebnisse deuten

darauf hin, dass das Zungenband die Mechanik der oberen Atemwege nach erfolgreicher *Sternothyrohyoid-Myektomie* während der Belastung nicht verändert (BEARD et al., 2009). CHALMERS et al. (2013) untersuchten in einer experimentellen Studie die Auswirkung der Zungenbandanwendung auf die Ruheposition des *Laryngohyoids* mittels Ultraschall am stehenden Pferd. Bei 12 Trabrennpferden wurde die Position des Kehlkopfes während 3 Phasen der Zaumzeug Anwendung ultraschalltechnisch gemessen: Phase I (Halfter und Führstrick) Phase II (Gebiss, Zaumzeug, Gurt und Scheck) und Phase III (wie in Phase III und dem Zungenband). Im Vergleich zu Phase I wurde in Phase III mit der Anwendung eines Zungenbandes ein Unterschied zwischen der Position des Zungenfortsatzes sowohl rostral als auch kaudal festgestellt, so dass das Zungenband zu einer Zunahme der Tiefe des Zungenfortsatzes führte. Die Zungenbindung in Phase III führte zu einer Verringerung der Tiefe des Schilddrüsenknorpels und des Basihyoids im Vergleich zur Phase I. Die Verwendung eines Zungenbandes hat einen Einfluss auf die Position des Basihyoids und des Schildknorpels beim stehenden Pferd. Dies war der erste Bericht, der einen Unterschied in der Morphologie des Laryngohyoids nach dem Anlegen eines Zungenbands dokumentierte und belegte, dass die Zungenbandanwendung eine messbare Auswirkung auf die Struktur der oberen Atemwege hat. (CHALMERS et al., 2013)

2.7.3 Einfluss des Zungenbandes auf das Wohlbefinden der Pferde

Anekdotische Berichte legen nahe, dass eine häufige Zungenbandanwendung Schäden an der Zunge wie Risswunden, Schluckstörungen, Blutergüsse, Schwellungen, Verfärbungen (Abb. 17) und Lähmungen verursachen kann (THOMAS, 2014). Eine kürzlich durchgeführte südaustralische Umfrage ergab, dass 26,3 % der Trainer von Trabrennpferden über Komplikationen im Zusammenhang mit der Verwendung von Zungenbändern berichteten, meist in Verbindung mit Schwellungen und oberflächlichen Schnitten an der Zunge sowie Verhaltensänderungen (Kopfscheu) (FINDLEY et al., 2015). In Großbritannien berichtete POLLOCK et al. (2016) ebenfalls, dass bei jungen Vollblut-Rennpferden die Zungenbänder nicht gut toleriert wurden. Dies impliziert, dass sich die Pferde an die Zungenfixierung gewöhnen müssen (MC GREEVY und MC LEAN, 2010). Es ist nicht klar, wie lange Pferde brauchen, um sich zu gewöhnen und ob sie es jemals vollständig tun (MARSH et al., 2019). Die negative Verstärkung, die durch das Nachlassen von Druck entsteht, kann durch den anhaltenden Druck des Zungenbandes nicht stattfinden (MARSH et al., 2019).



Abbildung 17: Leicht zyanotische Verfärbung der Zunge eines Galoppers mit Zungenband und Endoskop, Pferd Nummer 25 (Quelle: eigene Aufnahme).

Wann immer anhaltender Druck zur Änderung des Pferdeverhaltens eingesetzt wird, werden die Prinzipien des ethischen Trainings (festgelegt von der International Society for Equitation Science) verletzt. (MARSH et al., 2019). Bei der Anwendung von verschiedenen Hilfsmitteln an Pferden (einschließlich Gebissen und restriktiven Nasenriemen) wurde berichtet, dass sie zu Schmerz- und Stressreaktionen führen und das Tierwohl beeinträchtigen (MC GREEVY et al., 2011; MC GREEVY et al., 2012; HOCKENHULL et al., 2013). Eine angemessene Bewertung von Stress bei Tieren beinhaltet die Integration von Messungen sowohl des Verhaltens als auch der Physiologie (MARSH et al., 2019). In der Studie von MARSH et al. (2019) wurde der Einfluss der Zungenbandanwendung auf die Verhaltensweisen der Pferde (Kopferwerfen, Ohrposition, Maulöffnungen und Lippenlecken) und auf die physiologischen Parameter (Speichelcortisol-Konzentrationen, Augenoberflächentemperatur und Herzfrequenz) in Ruhe gemessen. In dieser randomisierten Crossover-Design Studie nahmen 12 Trabrennpferde teil (sechs davon kannten das Zungenband zuvor nicht). Die Studie umfasste 3 Phasen: Phase 1 (Ruhewert), Phase 2 (Zungenbandapplikation, Dauer 20min) und Phase 3 (Erholung). Die Kontrollgruppe erhielt in Phase 2 nur eine 30-sekündige

Zungenmanipulation zu Beginn der 20 Minuten. Verhaltensweisen und die Herzfrequenz (HR) wurden in 10 Minuten Intervallen analysiert (MARSH et al., 2019). Die Infrarot-Thermographie-Bilder wurden von jedem Auge in 5 Minuten Intervallen aufgenommen. Am Ende jeder Phase wurden Speichelproben entnommen für die anschließenden Speichelcortisol-Konzentrationsbestimmungen (MARSH et al., 2019). Im Vergleich zur Kontrolle, gab es mehr Kopfwerfen/Schütteln, Maulaufsperrern und nach hinten gerichtete Ohren und weniger vordere Ohrpositionen während der Zungenbandanwendung (Phase 2). Pferde, die das Zungenband bereits kannten, zeigten mehr Kopfwerfen/Schütteln und Maulaufsperrern als die Pferde, denen es vorher unbekannt war (MARSH et al., 2019). In der Erholungsphase (Phase 3) zeigten die Pferde nach der Zungenbandanwendung häufiger Lippenlecken als die Kontrolltiere. Speichel-Cortisol-Konzentrationen stiegen nach der Zungenbandanwendung (MARSH et al., 2019). Die Durchschnittliche Herzfrequenz und die Temperatur der Augen unterschied sich in keiner Phase zwischen den Behandlungen (MARSH et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass die Zungenbandanwendung sowohl Veränderungen bei Verhaltens- als auch bei physiologischen Parametern bewirkt, die auf einer stressbedingten Reaktion beruhen (MARSH et al., 2019). Unter Verwendung eines Modells zur Bewertung des Wohlbefindens von Pferden bewertete ein Gremium von Fachleuten aus dem Bereich des Tierschutzes von Pferden (mit Fachkenntnissen in den Bereichen Psychologie, Reitwissenschaft, Tiermedizin, Bildung, Wohlergehen, Reitcoach, Interessenvertretung und gesellschaftliches Engagement) die wahrgenommenen Schäden, die sich aus 116 üblicherweise an Pferden angewendeten Interventionen ergeben (MC GREEVY et al., 2018). Die Ergebnisse für den Bereich der psychischen Auswirkungen, die nach ausführlichen Diskussionen während eines viertägigen Workshops gesammelt wurden, stimmten gut mit den Gesamtbewertungen der Auswirkungen überein, die von denselben Diskussionsteilnehmern vor dem Workshop individuell vergeben wurden. Nur einige Einstufungen änderten sich nach der Teilnahme am Workshop (MC GREEVY et al., 2018). Die Interventionen wurden in 14 Kontexten betrachtet: Entwöhnung; Ernährung; Unterbringung; Grundlagenausbildung; Gesundheit und tierärztliche Eingriffe (medizinisch); Gesundheitliche und tierärztliche Eingriffe (chirurgisch); Wahleingriffe; Pflegeeingriffe; Ruhigstellung für Pflegeeingriffe; Straßentransporte; Wettkämpfe; Aktivitätsarbeit; Züchtung weiblicher und männlicher Pferde (MC GREEVY et al., 2018). Für den Bereich der Pflegeverfahren wurden Zungenbänder sowohl bei der Bewertung vor dem Workshop als auch bei der Bewertung während des Workshops mit den größten nachteiligen Auswirkungen für diese Kategorie bewertet. Darüber hinaus wurden Nasenriemen als ebenso stark beeinträchtigend eingestuft (MC GREEVY et al., 2018).

2.7.4 Reglementierung des Zungenbandeinsatzes

In den letzten Jahren wurden Bedenken hinsichtlich möglicher Tierschutzprobleme im Zusammenhang mit der Anwendung von Zungenbändern durch Tierschutzorganisationen geäußert (BARAKZAI, 2009 b). Dies hat dazu geführt, dass der Einsatz des Zungenbandes im Jahr 2004 von der Fédération Equestre Internationale (FEI) in den meisten Disziplinen verboten wurde (FEI General Assembly, 2004). Der Einsatz des Zungenbandes ist aber im Rennsport weiterhin sehr verbreitet und es wird oft genutzt (CHALMERS et al., 2013). Seit 2001 überwacht die International Federation of Horseracing Authorities den zulässigen Einsatz von Zungenbändern im Galopprennsport. In den Durchführungsbestimmungen über zulässige Ausrüstungsgegenstände gem. § 76 Abs. 4 der Trabrennordnung ist als Zungenband ein weiches und wenig elastisches Band zugelassen. Dieses muss mindestens 1,5 cm breit sein und mit einem Schlitz, zum Durchstecken der Zunge, versehen sein. Der Verschluss kann mit einer Schnalle oder einem Klettverschluss erfolgen. Dunkle Baumwollbandagen sind ebenso für den Einsatz erlaubt. Der Einsatz des Zungenbandes darf ausschließlich der Befestigung der Zunge am Unterkiefer dienen (Hauptverband für Traberzucht e. V). In Deutschland wird der Einsatz und die Materialbeschaffenheit durch den Hauptverband für Traberzucht e.V. geregelt. Australiens „Racing Register of approves Gear“ legt ebenso eine Breite von 1,5 cm für die Nutzung von Zungenbändern fest (MARSH et al., 2019). In Deutschland wurde die Anwendung des Zungenbandes im Juni 2018 für Vollblüter verboten (Deutscher Galopp e.V., 2018; BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019), im Trabrennsport aber weiterhin erlaubt.

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde in einem Crossover-Design (Crossover Trial, Crossover Study) durchgeführt. Insgesamt wurden 38 Rennpferde aus zwei Nutzungsbereichen belastungs- endoskopisch untersucht. An der Studie nahmen 30 aktive Galopper (Vollblut) und acht aktive Trabrennpferde (Traber) teil, davon waren 19 Tiere männlich (acht Wallache und 11 Hengste) und 19 weiblich (Stuten). Das durchschnittliche Alter der untersuchten Pferde (n = 38) lag bei 3,67 Jahren (Minimum: zwei Jahre, Maximum: fünf Jahre) und das durchschnittliche Gewicht lag bei 439 kg (Minimum: 390 kg, Maximum: 538 kg; Tab. 25, Anhang). Alle an der Studie teilnehmenden Pferde wurden bereits zuvor in regionalen Rennen eingesetzt. Zwanzig Pferden war des Zungenband bereits vor der Untersuchung bekannt. Die endoskopischen Untersuchungen erfolgten in den Trainingsställen im Zeitraum zwischen September 2014 und September 2015 (Berlin, Brandenburg und Nordrhein-Westfalen). Bei allen teilnehmenden Probanden wurde eine Ruheendoskopie (Kontrollphase) und anschließend eine zweigeteilte Belastungsendoskopie unter maximaler Belastung durchgeführt. Die Pferde wurden am gleichen Tag in der ersten Phase mit Zungenband und maximaler Intensität endoskopiert. Danach erfolgte in der zweiten Phase eine Untersuchung mit gleichbleibender Belastungsintensität, aber ohne Anwendung des Zungenbandes. Alle Untersuchungen erfolgten auf der gewohnten Trainingsrennstrecke der Pferde.

3.2 Studienpopulation

Die Teilnehmerpopulation bestand aus Pferden, die aktiv im Rennsport eingesetzt wurden (Galopprennpferde und Trabrennpferde). In die Studie eingeschlossen wurden Pferde mit vorberichtlich bekannten Atemgeräuschen unter Belastung und/oder Leistungsinsuffizienzen. Pferde mit bereits bekannter Erkrankung der oberen Atemwege wurden ebenfalls einbezogen. Ausschlusskriterien waren bereits durchgeführte chirurgische Eingriffe im Bereich der oberen Atemwege, eine Periphlebitis in der Historie, sowie Erkrankungen des Bewegungsapparates und des Herz-Kreislaufsystems. Ein starkes Abwehrverhalten der Pferde bei Anlegen des Equipments, welches Tier, Mensch oder Equipment gefährdet hätte, führte ebenso zum Ausschluss.

3.3 Klinische Voruntersuchung und Vorbereitung des Patienten

Im Rahmen der Anamnese wurde das Auftreten von Atemgeräuschen, einer Leistungsinsuffizienz, die Historie von Infektionserkrankungen sowie die Anwendung von

Zungenbändern im Training oder Rennen erfragt. Angaben zum Signalement der Rennpferde (Rasse, Geschlecht, Alter, Gewicht) wurden ebenfalls dokumentiert (Tab. 25, Anhang). Im Anschluss erfolgte eine klinische Allgemeinuntersuchung zur Feststellung der Belastungsfähigkeit, eine Untersuchung der äußeren Haut im Kehlkopfbereich auf Narben als Zeichen einer stattgefundenen Operation am Larynx sowie einer Beurteilung beider Jugularvenen. Bei der klinischen Allgemeinuntersuchung wurden Haltung, Verhalten und Habitus ebenso wie Atemfrequenz, Pulsfrequenz und Körpertemperatur, die Palpationsbefunde der Mandibularlymphknoten und die Auskultationsbefunde der Lunge und des Herzens beurteilt. Es wurde auf das Vorliegen von Nasenausfluss und die Auslösbarkeit von Husten geachtet. Die Allgemeinuntersuchung erfolgte in der Box der Tiere. Zur Vorbereitung der Patienten auf die Endoskopie wurde ihnen der Schopf eingeflochten und das DRS®- Halfter angelegt. Über das spezielle Halfter, dass zur Befestigung der Endoskopiesonde am Pferdekopf dient, wurde das normale Trainingsequipment angelegt. In der Sattellage wurde das spezielle Endoskopie-Sattelpad (Abb. 18) platziert und mit dem üblichen Trainingsequipment je nach Nutzungsbereich auf dem Rücken befestigt.



Abbildung 18: Galopper nach der Belastung mit Endoskopie-Equipment, Pferd Nummer 3 (Quelle: eigene Aufnahme).

3.4 Ethikstatement

Die endoskopischen Untersuchungen wurden aufgrund einer medizinischen Indikation (Atemgeräusch unter Belastung, Leistungsinsuffizienz oder weiterführende Abklärung einer bekannten oberen Atemwegspathologie) durchgeführt und die Aufzeichnungen für die Studie weiterverwertet. Es handelte sich somit nicht um einen anzeige- oder genehmigungspflichtigen Tierversuch nach § 8 a des Tierschutzgesetzes. Alle Trainer und Besitzer waren über den Inhalt und den Ablauf der Studie informiert. Sie wurden darüber aufgeklärt, dass Sie die Teilnahme an der Studie zu jedem Zeitpunkt absagen konnten.

3.5 Technische Ausrüstung

Für die belastungsendoskopischen Untersuchungen wurde das „Dynamic respiratory scope“ (DRS) (Optomed, Les Ulis France, Abb. 18, 22, 23) verwendet. Die DRS®-Technologie ermöglichte es, die Endoskopie direkt unter natürlichen und unveränderten Trainingsbedingungen der Pferde in ihrem Trainingsstall durchzuführen. Das System konnte unterschiedlich am Pferd oder Wagen befestigt werden. Bei der sogenannten Sattel-pad-Version wurde die Prozessor-Batterie und das Sender-Recorder-Gerät des DRS® auf der Sattelunterlage am Pferd befestigt (Galopper, Abb. 18). Bei den Trabern wurden sie am Sulky befestigt. Das gesamte System war mit einem Akku-Batterie-Prozessor ausgestattet, der bis zu zwei Stunden und 30 Minuten Batterielaufzeit aufwies. Die flexible Sonde des Endoskopes mit einem Durchmesser von 9,8 mm und einer Nutzlänge von 1 m wies eine LED-Lichtquelle auf, die 100 Watt Xenon entsprach. Der CCD-Sensor 1/6 wies eine Empfindlichkeit von 480.000 Pixel und eine Spitzenauslenkung von 80° auf. Der am Pferd angebrachte Rekorder zeichnete die Untersuchungsvideos im digitalen Format (mpg2-Datei) auf einem entfernbaren USB-Stick (Cruzer Blade USB-Stick, 16 GB, SANDISK, USA) auf. Alle Videodateien konnten nach Abschluss der Untersuchung digital ausgewertet werden. Das Fernsender-System ermöglichte eine Echtzeitbetrachtung der laufenden Untersuchung im Umkreis von 500 m auf einem tragbaren Empfängerbildschirm (Abb. 20). Diese Funktion wurde in der Aufwärmphase verwendet, um die korrekte Positionierung des Endoskops in den oberen Atemwegen zu überwachen und gegebenenfalls zu korrigieren (Abb. 20). Ein automatisches Spülsystem reinigte die Endoskoplinsen alle 30 Sekunden, um zu verhindern, dass Schleim oder organische Verschmutzungen die Linse trübten und die Bildqualität beeinträchtigten. Die Pumpe und die Vorratsflasche mit der Spülflüssigkeit waren über Schläuche mit dem Endoskop verbunden.

3.6 Endoskopische Positionierung und Ruhesequenz Aufzeichnung

Die Pferde wurden von einer Hilfsperson am Kopf fixiert, eine zweite Person führte die flexible Sonde des Endoskopes latero-dorsal am Hals entlang nach kranial und zog die Sonde durch den geflochtenen Zopf am Schopf. Das Endoskop wurde entlang der Stirn nach rostral geführt. An der Nüster angekommen, wurde es vorsichtig nach nasal gebogen. Die Platzierung des Endoskops wurde zunächst ohne Hilfsmittel vorgenommen. Bei starken Abwehrbewegungen wurde eine Oberlippenstockbremse als Fixationsmaßnahme zu Hilfe genommen. Das Einführen in den ventralen Nasengang wurde ohne endoskopische Sichtkontrolle durchgeführt (Abb. 19). Auf Höhe der 40 Zentimeter Markierung, wurde die Sonde mit Hilfe des DRS®-Halfters am Kopf des Pferdes mit einem Clipsystem befestigt (Abb. 20).



Abbildung 19: Einführen des Endoskopes in den ventralen Nasengang eines Pferdes (Quelle: eigene Aufnahme).

Der Sitz der Endoskopiesonde wurde mittels Überwachungsmonitor überprüft und korrigiert. Ziel war es, das Pharynxdach und den Kehlkopf in seiner Gesamtheit bildfüllend betrachten zu können (Abb. 20). Bei allen Pferden wurde nach der korrekten Positionierung des Endoskopes vor dem Larynx eine fünfminütige Ruhesequenz aufgezeichnet.



Abbildung 20: Traber mit Endoskop, rechts im Bild der tragbare Empfängerbildschirm zur Überprüfung der Endoskop-Positionierung im Pharynx (Quelle: eigene Aufnahme).

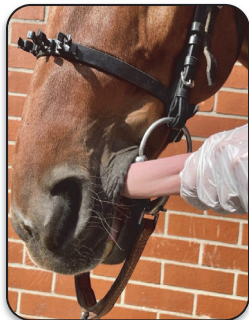
3.7 Anwendung des Zungenbandes

In der vorliegenden Studie wurde als Zungenband eine elastische, flexibel zuschneidbare „meproFlex“ (Horseguard®, Verbandstoffe, bela pharm) Fixierbinde verwendet. Angelegt wurde es, indem den Pferden die Zunge vorsichtig, seitlich aus dem Maul gezogen und die Schlaufe des Zungenbandes vor dem Frenulum doppelt um die Zunge gelegt wurde. Die beiden freien Enden des Zungenbandes wurden dorsal der Zunge überkreuzt und wurden über das *Diastema* nach außen geführt. Ventral der beiden Unterkieferäste wurden diese dann mit einem Knoten durch die Untersucher fixiert. Das Anlegen des Zungenbandes erfolgte immer durch die gleiche Person, um eine möglichst gleichbleibende Ausführung und Knotenfestigkeit zu gewährleisten. Ein schematischer Ablauf für das Anlegen des Zungenbandes wird anhand der folgenden Abbildungen (21) erklärt:



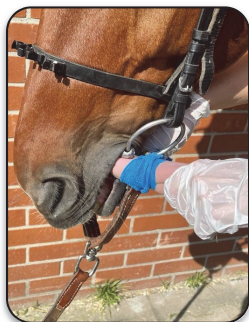
1. Folgende Materialien können als Zungenband verwendet werden:

- Lederschlaufen (schwarz)
- elastische Gase-Bandagen (blau)
- Schleifen aus Gummi oder Elastik (weiß)
- kleine Gurte mit Klettverschlüssen (gelb)
- oder Nylonstrüppe (braun)



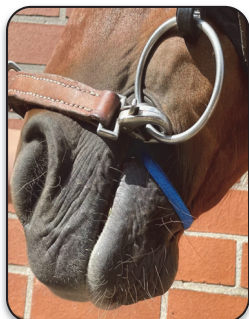
2. Im nächsten Schritt wird die Zunge aus der Maulhöhle nach lateral geführt:

- Pferdezüngen sind sehr muskulös
- Ihre Oberfläche ist feucht und rutschig
- das Greifen und Verlagern der Zunge sollte behutsam erfolgen
- mit einem zurückziehen der Zunge ist zu rechnen



3. Um ein Befreien der Zunge durch das Pferd zu verhindern:

- ist bei Nylon oder Gummi-Schleifen eine doppelte Umschlingung der Zunge von Nöten
- bei elastischen Gase-Bandagen werden die freien Enden in einer doppelten Lage um die Zunge geführt



4. Im nächsten Schritt wird die Zunge am Unterkiefer fixiert:

- die Schleife oder die freien Enden, werden über das Diastema nach lateral geführt
- ventral der beiden Unterkieferäste werden diese dann (mit einem Knoten) fixiert

Abbildung 21: Schematische Darstellung für das Anlegen eines Zungenbandes beim Pferd (Quelle: eigene Aufnahmen, Darstellung modifiziert nach MARSH et al., 2019).

3.8 Untersuchungsablauf Traber

Jeder Traber wurde am Untersuchungstag "in Ruhe" (Abb. 22), einmal "mit" und einmal "ohne Zungenband" in maximaler Rennbelastung endoskopiert. Die Traber wurden vor den Sulky gespannt und zunächst im langsamen und zügigerem Trab für 15 min aufgewärmt. Daraufhin folgte eine Phase des Joggens (langsamer Trab). Dieser Zeitraum ermöglichte den Pferden eine Adaptation an das verwendete Untersuchungsequipment. Im Anschluss wurde die erste Untersuchungssequenz "mit Zungenband" im sogenannten ersten Heat (Renntab) aufgezeichnet. Nach einer kurzen Strecke des Ausfahrens, wurde die zweite Phase, mit der Sequenz "ohne Zungenband" im zweiten Heat aufgezeichnet. Die Trainingsstrecken wurden von den Trainern oder von anderen Fahrern aus dem jeweiligen Stall gefahren. Ein Verrutschen der Position des Endoskopes vor dem Kehlkopf konnte vor der erneuten Aufzeichnung der zweiten Belastungseinheit korrigiert werden (Abb. 20), so dass in dieser Gruppe keine Probanden ausgeschlossen werden mussten.



Abbildung 22: Traber ohne Zungenband in Ruhe mit Endoskop (Quelle: eigene Aufnahme).

3.9 Untersuchungsablauf der Galopper

Die Untersuchung während der beiden Belastungseinheiten erfolgte bei den Galopprennen nach einer Phase des Aufwärmens paarweise am gleichen Untersuchungstag. Die Galopper wurden 15 min im Trab aufgewärmt. Dieser Zeitraum ermöglichte den Pferden eine Adaptation an das verwendete Untersuchungsequipment. Das Aufzeichnungssystem wurde auf der Trainingsrennstrecke eingeschaltet. Die Pferde wurden auf den Trainingsstrecken von den gewohnten Trainern aus dem jeweiligen Stall geritten. Bei den Galopprennen zeichnete das System die gesamte Trainingsstrecke mit beiden Belastungseinheiten an einem Stück auf. Es erfolgte die erste Belastungseinheit im Maximaltempo mit angelegtem Zungenband (Abb. 23).



Abbildung 23: Galopper während Overgroundendoskopie, Pferd Nummer 9 (Quelle: eigene Aufnahme).

Auf der Hälfte der zurückgelegten Strecke, wurden die Pferde für einen Moment angehalten und das Zungenband wurde durch den Trainer entfernt. Im Anschluss wurde der zweite Teil der restlichen Trainingsstrecke erneut im maximalen Renntempo "ohne Zungenband" zurückgelegt. Der Zeitpunkt der Zungenbandentfernung wurde dokumentiert. Durch Kopfbewegungen auf der zurückgelegten Strecke verrutschte bei acht Studienteilnehmern das Endoskop. Eine Korrektur der Position war aufgrund der weiten Entfernung im Renntermin nicht möglich. Eine Wiederholung der Belastungseinheit war aufgrund der streng festgelegten Trainingseinheiten der Pferde und der drohenden Überlastung der Tiere nicht möglich. Die Ermüdung der Pferde hätte die Ergebnisse beeinflussen können.

3.10 Auswertung der Ruheendoskopie

Die Videodateien (mpg2-Datei) der ruheendoskopischen Untersuchungen (n = 38) wurden auf Ihre Bildqualität und Vollständigkeit überprüft. Alle wichtigen anatomischen Strukturen (Pharynxdach, vollständiger Larynx) mussten bei der Auswertung der Endoskopie-videodateien durchgehend in guter Bildqualität und vollständig sichtbar sein. Eine unvollständige Aufzeichnung oder mangelhafte Darstellung der für die Auswertung wichtigen anatomischen Strukturen führte zum Ausschluss des Probanden aus der Studie. Es erfolgte zudem eine Verblindung der Dateien. Hierfür wurde allen Probanden eine zufällige Nummer zugeteilt. Im Anschluss wurden die Dateien einer unabhängigen Tierärztin zur Befunderhebung vorgelegt. Die auftretenden, pathologischen, dynamischen Stenosen der Studienteilnehmer wurden dokumentiert. Die Beurteilung der Gaumensegelverlagerung wurde nach OHNESORGE (1998) in habituell und permanent klassifiziert (Tab. 6).

Tabelle 6: Bewertungsschema für Gaumensegelverlagerung nach Ohnesorge (1998).

Grad	Definition
0	Habituell (Zufallsbefund)
I	Habituell (belastungsinduziert)
II	Habituell (in Ruhe)
III	Permanent

Die Evaluation der Kehlkopffunktion in Ruhe erfolgte nach dem Bewertungsschema von HAVEMEYER (2003, siehe Tab. 7). Weitere ermittelte pathologische Befunde wurden dokumentiert und sind in Tab. 9 und in Tab. 26 (Anhang) aufgeführt. Für die weitere Bearbeitung der Studie wurden aus der Ruheendoskopiesequenz fünf Standbilder mit Hilfe

des Videobearbeitungsprogramms EDIUS 5.5 (Grass Valley, San Francisco, USA), extrahiert (Abb. 24). Zum Ausschluss des methodische Fehlers wurden die Standbilder an verschiedenen Zeitpunkten, in maximaler Inspiration angefertigt.

Tabelle 7: Endoskopische Klassifizierung der Larynxfunktion bei wachen Pferden in Ruhe (HAVEMEYER Workshop, Anon 2003).

Grad	Definition	Untergrad	Definition
I	Beide <i>Aryknorpel</i> bewegen sich synchron; maximale Abduktion wird erreicht		
II	<i>Aryknorpel</i> bewegen sich nicht synchron und/oder Larynx ist gelegentlich asymmetrisch; maximale Abduktion wird erreicht und gehalten	1.	Asynchronität vorübergehend
		2.	Asynchronität überwiegt; maximale Abduktion des linken <i>Aryknorpels</i> beim Schlucken oder Verschluss der Nüstern wird erreicht und gehalten
III	<i>Aryknorpel</i> bewegen sich nicht synchron und/oder Larynx ist gelegentlich asymmetrisch; Maximale Abduktion wird erreicht und gehalten	1.	Wie 2. aber nicht gehalten
		2.	Asynchronität offensichtlich; max. Abduktion ,nie erreicht
		3.	Noch geringe Bewegungen des <i>Aryknorpels</i> ; maximale Abduktion wird nie erreicht
IV	Vollständige Unbeweglichkeit des <i>Aryknorpels</i> und der Stimmfalte		

3.11 Auswertung der Belastungsendoskopie

Das Videomaterial (n = 38) wurde, wie bereits bei der Ruheendoskopie beschrieben, auf Vollständigkeit der Aufzeichnung sowie dessen Darstellung der für die Auswertung wichtigen anatomischen Strukturen überprüft. Die Evaluation der endoskopischen Aufnahmen erfolgte in Echtzeit und bei Bedarf in Zeitlupe. Die auftretenden, pathologischen dynamischen Stenosen der Studienteilnehmer wurden dokumentiert. Die Beurteilung der Gaumensegelverlagerung wurde nach OHNESORGE (1998, Tab. 6) in habituell und permanent klassifiziert. Die Evaluation der Kehlkopffunktion in Belastung erfolgte nach dem

Bewertungsschema von RAKESTRAW et al. (1991, Tab. 8). Die Datensätze wurden für die vorliegende Studie mit Hilfe eines Videoschnittprogrammes (EDIUS 5.5, Grass Valley, San Francisco, USA) weiterbearbeitet. Aus den zwei unterschiedlichen Trainingseinheiten wurden fünf Standbilder bei maximaler Inspiration aus der Belastungsphase "mit Zungenband" und fünf Standbilder aus der Belastungsphase "ohne Zungenband" extrahiert (Abb. 24).

Tabelle 8: Bewertungsschema der Recurrent laryngeal neuropathy unter Belastung (RAKESTRAW et al., 1991).

Grad	Definition
A	Vollständige Abduktion der <i>Aryknorpel</i> während der Inspiration
B	Unvollständige Abduktion des betroffenen <i>Aryknorpels</i> (Stellung zwischen vollständiger Abduktion und Ruheposition)
C	Keine Abduktion des betroffenen <i>Aryknorpels</i> (weniger als Ruheposition) inklusive Kollaps über die Mediane der <i>Rima glottis</i>

3.12 Datenerhebung der Pharynxweite

Für die Bewertung der Pharynxweite in Ruhe und unter Belastung wurden von jedem Patienten Standbilder der insgesamt drei Beobachtungsphasen der Endoskopie ausgewertet. ("Ruhephase", Belastungsphase "mit Zungenband" und Belastungsphase "ohne Zungenband") (Abb. 24). Für die Bewertung der Pharynxweite (n = 30) wurde das Videomaterial von 22 Galoppern und acht Trabern untersucht und die Methode von GO et al. (2014) verwendet. Für jedes, der insgesamt 450 Standbilder der drei Trainingsgruppen wurde mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes (ImageJ; USA) eine definierte Strecke auf der *Epiglottis* sowie der Abstand von einem Fixpunkt am Pharynxdach bis zur Referenzstrecke auf der *Epiglottis* ausgemessen (Länge in Pixel, Abb. 25).

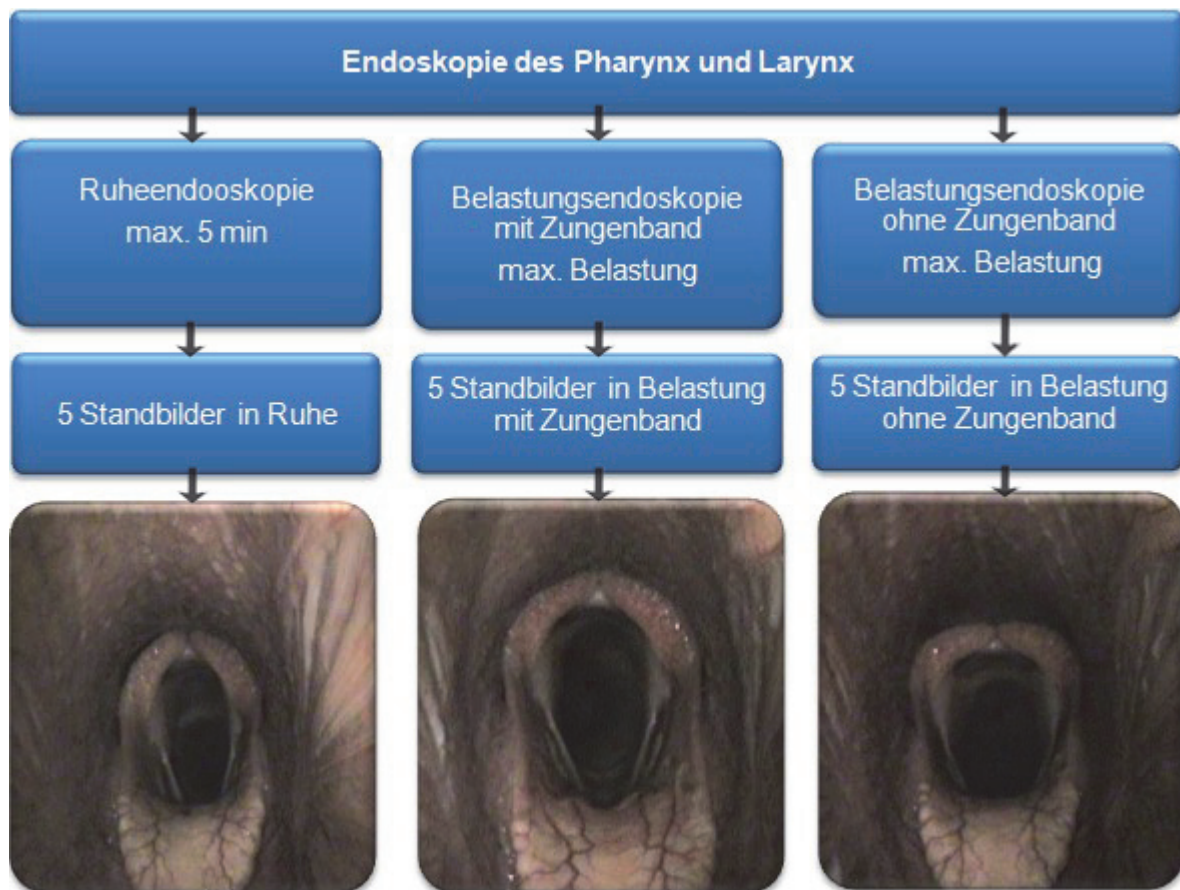


Abbildung 24: Fließdiagramm, Ablauf der endoskopischen Bildauswertung (Quelle: eigene Aufnahmen und Darstellung).

Leicht wiedererkennbare Gefäßmuster oder Follikel im Pharynxdach wurden als Fixpunkte genutzt. Die so gemessene Breite der *Epiglottis* (a) sowie die senkrechte Länge (b) vom dorsalen Fixpunkt im Pharynxdach auf die Breite (a) wurden mit dem Graphiksoftwareprogramm gemessen. Die erhobenen Daten wurden im Datenverarbeitungsprogramm Microsoft® Excel 2007 erfasst. Mit den erhaltenen Werten wurde im nächsten Arbeitsschritt das Verhältnis der Strecken zueinander als Maß für den Öffnungsgrad des Pharynx berechnet, genannt Pharynx-*Epiglottis*-Ratio. Hierfür wurde der Quotient (Pharynx-*Epiglottis*-Ratio = b/a) aus der Senkrechten Länge und der Breite der *Epiglottis* gebildet (Abb. 25). Die Breite der *Epiglottis* (a) wurde als Referenzlänge gewählt, aufgrund der Hypothese, dass bei gesunden Pferden die Breite der *Epiglottis* unabhängig von der Kopf-Hals-Position unter Belastung unverändert bleibt (GO et al., 2014). Im letzten Arbeitsschritt wurden die Mittelwerte (aus den jeweiligen fünf Messungen für jedes Pferd) der ermittelten Pharynx-*Epiglottis*-Ratio der drei Beobachtungsphasen berechnet.

3.13 Datenerhebung der Öffnungsfläche des Kehlkopfes

Für die Bewertung der Kehlkopföffnungsfläche ($n = 31$) wurden von jedem Patienten die Standbilder der drei Beobachtungsphasen der Endoskopie (Ruhephase, Belastungsphase mit Zungenband und Belastungsphase ohne Zungenband) ausgewertet (Abb. 24). Hierfür wurden die von (ZEBISCH et al., 2014; GEHLEN et al. 2010) verwendeten Parameter genutzt (Abb. 25). Für jedes der insgesamt 465 Standbilder aus den drei Beobachtungsphasen wurden mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes (ImageJ, USA) folgende Larynxparameter gemessen (Länge in Pixel, Grad):

- Die Maximale Höhe der Öffnungsfläche (Abb. 25, a) wird definiert als senkrechte Länge, ausgehend von der Mitte der *Epiglottis* bis zum höchsten Punkt, an dem sich die beiden *Aryknorpel* treffen.
- Die maximale Breite der Öffnungsfläche (Abb. 25, b) wird als der Punkt definiert, an dem die Breite zwischen den beiden *Aryknorpeln* am weitesten ist.
- Ein weiterer Parameter definiert die Breite auf der mittleren Höhe der Stimmfalten (Abb. 25, c).
- Der relative Öffnungswinkel (Abb. 25, d) wird durch den inneren Winkel definiert, den die beiden *Aryknorpel* zusammen bilden (ausgehend vom spitzen Winkel am dorsalstem Punkt zur breitesten Stelle der *Aryknorpel* nach lateral verlaufend)
- Die gesamte Öffnungsfläche (Abb. 25, e) wird ventral von der *Epiglottis* seitlich (rechts und links) durch die Stimmfalten und dorsal durch den Winkel der beiden *Aryknorpel* gebildet (Fläche in Pixel).

Die gewonnenen Daten wurden im Datenverarbeitungsprogramm Microsoft® Excel 2007 erfasst. Um auch den möglichen Vergrößerungsfaktor bei geringgradigem Verrutschen des Endoskopes zu relativieren, wurde davon ausgegangen, dass bei gesunden Pferden die Höhe des Larynxöffnungsbereiches unter Belastung konstant bleibt. Hierzu wurde die Hypothese von GO et al. (2014) bezüglich der Konstanz der *Epiglottis*breite zugrunde gelegt und auf die Larynxparameter übertragen. Mit den ermittelten Längen wurde im nächsten Arbeitsschritt das Verhältnis der Strecken zueinander als Maß für den Öffnungsgrad des Kehlkopfes berechnet. Hieraus ergab sich die sogenannte Larynx-Öffnungsflächen-Ratio. Zu diesem Zweck wurden vier selbstständige Parameter als Quotienten ermittelt. Hierfür wurde der Quotient aus der "maximalen Breite der Öffnungsfläche" und der Senkrechten Länge "maximale Höhe der Öffnungsfläche" gebildet (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: b/a). Der zweite Quotient wurde aus der Breite auf der "mittleren Höhe der Stimmfalten" und der Senkrechten Länge "maximale Höhe der Öffnungsfläche" gebildet (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: c/a). Die beiden letzten Quotienten "relativer Öffnungswinkel" und "die gesamte Öffnungsfläche" wurden jeweils,

ebenfalls mit der Senkrechten Länge "maximale Höhe der Öffnungsfläche" gebildet (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: d/a und e/a). Im Anschluss wurden die Mittelwerte der vier eigenständigen Larynx-Öffnungsflächen-Ratios (aus den jeweiligen fünf Messungen für jedes Pferd) der drei Beobachtungsphasen ermittelt.

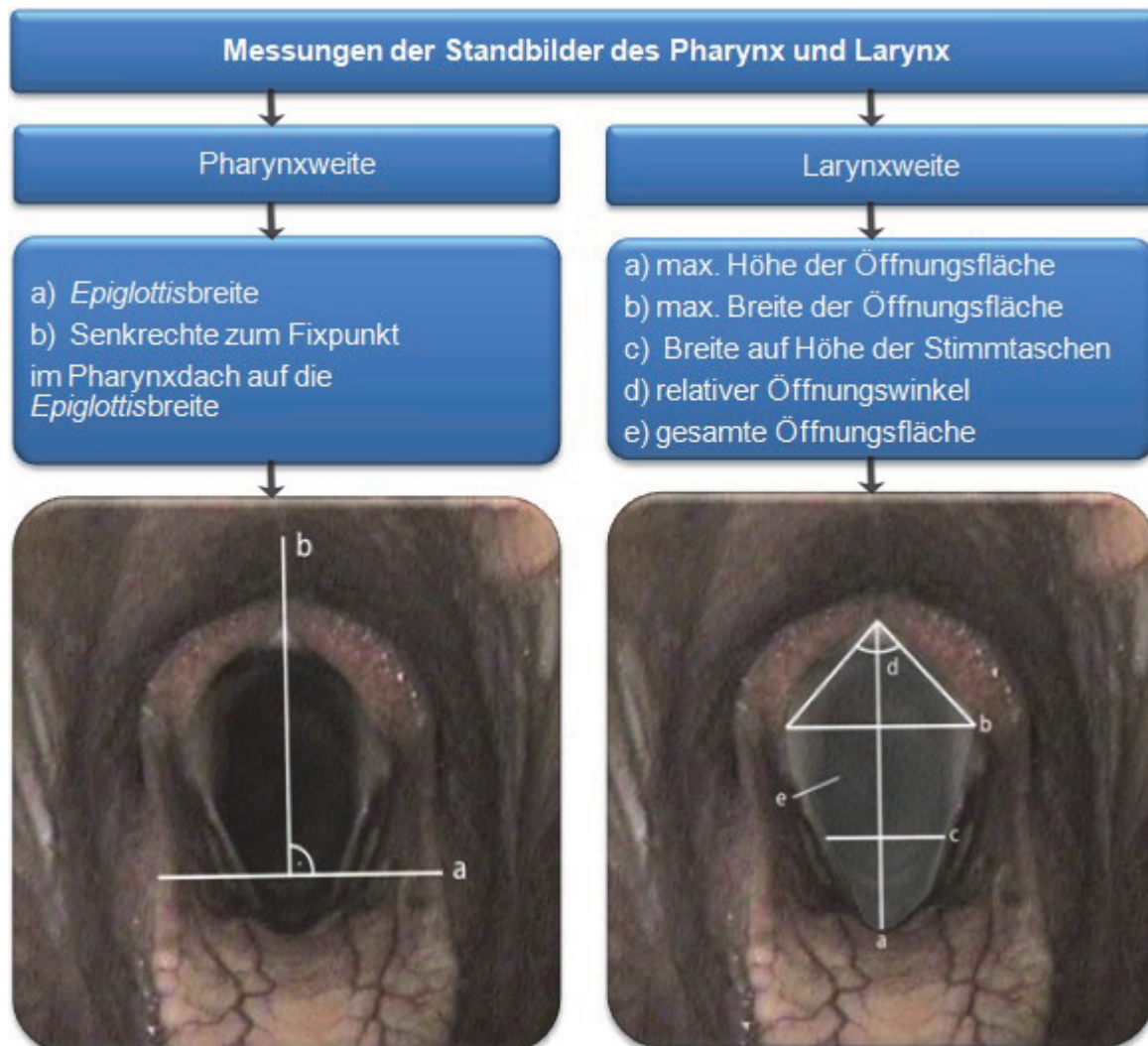


Abbildung 25: Fließdiagramm, Methode zur Messung der Pharynxweite und der Larynxweiten (Quelle: eigene Aufnahmen und Darstellung, modifiziert nach GO et al., 2014 und ZEBISCH et al., 2014).

3.14 Statistische Analyse der Daten

Die mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogrammes Image J (USA) gemessenen Parameter (Maßeinheit: Pixel) wurden zur übersichtlichen Datensammlung im Datenverarbeitungsprogramm Microsoft® Excel 2007 erfasst. Die statistische Auswertung wurde mit dem Computerstatistikprogramm IBM® - SPSS Inc. (Chicago Illinois, USA, Version 28.0.) in Kooperation mit Frau PD Dr. med. vet. habil. Roswita Merle vom Institut für Veterinär-

Epidemiologie und Biometrie der Freien Universität Berlin durchgeführt. Zunächst wurden die Rohdaten der Pharynx- und Kehlkopfparameter mit einer deskriptiven Statistik analysiert. Als Lagemaß wurde das arithmetische Mittel ermittelt (beschreibt die zentrale Tendenz der Daten). Die Streuungsparameter wurden als Standardabweichung (SD) (beschreiben Streuung und Häufigkeitsverteilung um den Mittelwert) und Standardfehler (SE) (Maß für die Abweichung des Stichprobenmittelwertes von dem tatsächlichen Mittelwert) angegeben. Die Stichprobengröße wurde als „N“ bezeichnet. Die Prüfung der Daten auf Normalverteilung erfolgte mittels Shapiro-Wilk-Test. Aufgrund der Normalverteilung der Daten erfolgte der T-Test für unabhängige Stichproben. Die Wirksamkeit des Zungenbandes wurde für die Rohdaten, die Pharynx-*Epiglottis*-Ratio und die vier Kehlkopföffnungsflächen-Ratios unter Verwendung eines gepaarten T-Test getestet und es wurde eine einfache Korrelationsanalyse durchgeführt. Der Vergleich der drei Beobachtungseinheiten (ohne Befund, mit RLN und mit DDSP) anhand der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio erfolgte aufgrund der kleinen Fallzahl nur deskriptiv. Eine Testung erfolgte nicht. Die Stichprobengröße wurde als "N" angegeben und als Lagemaß wurde das arithmetische Mittel als "Mittelwert" berechnet. Die Streuungsparameter wurden als Varianz, Standardabweichung (SD) und Standardfehler (SE) berechnet und angegeben. Das Signifikanzniveau wurde für alle angewendeten Tests mit $p < 0,05$ festgelegt. Dabei galt $p > 0,05$ als nicht signifikant und $p \leq 0,05$ als signifikant. Als hoch signifikant wurden Werte mit $p \leq 0,01$ festgelegt. Und als höchst signifikant galten Werte mit einem p-Wert von $p \leq 0,001$.

4. Ergebnisse

4.1 Studienpopulation Beschreibung

Insgesamt nahmen 38 Rennpferde an der Studie teil. Davon waren 30 Tiere Galopper (Vollblut) und acht Tiere Traber. Eine Übersicht der Basisdaten zu den untersuchten Pferden liefert Tabelle 25 (Anhang). Die Geschlechter waren gleich verteilt. 19 Tiere waren männlich (acht Wallache und 11 Hengste, Tab. 25, Anhang) und 19 Tiere weiblich (Stuten, Tab. 25, Anhang). Das Durchschnittsalter aller untersuchten Pferde ($n = 38$) lag bei 3,67 Jahren (Minimum: 2 Jahre, Maximum: 8 Jahre) und das durchschnittliche Gewicht betrug 439 kg (Minimum: 390 kg, Maximum: 538 kg). 20 Tieren war die Anwendung eines Zungenbandes bereits bekannt, während bei 18 Tieren das Zungenband zum ersten Mal im Training eingesetzt wurde. Insgesamt wurden 30 Galopper untersucht. Zwölf Vollblütern war die Anwendung eines Zungenbandes bereits bekannt, während bei 18 Vollblütern das erste Mal ein Zungenband im Training zum Einsatz kam (Abb. 26). Allen acht Trabern war die Anwendung des Zungenbandes bereits bekannt (Abb. 26).

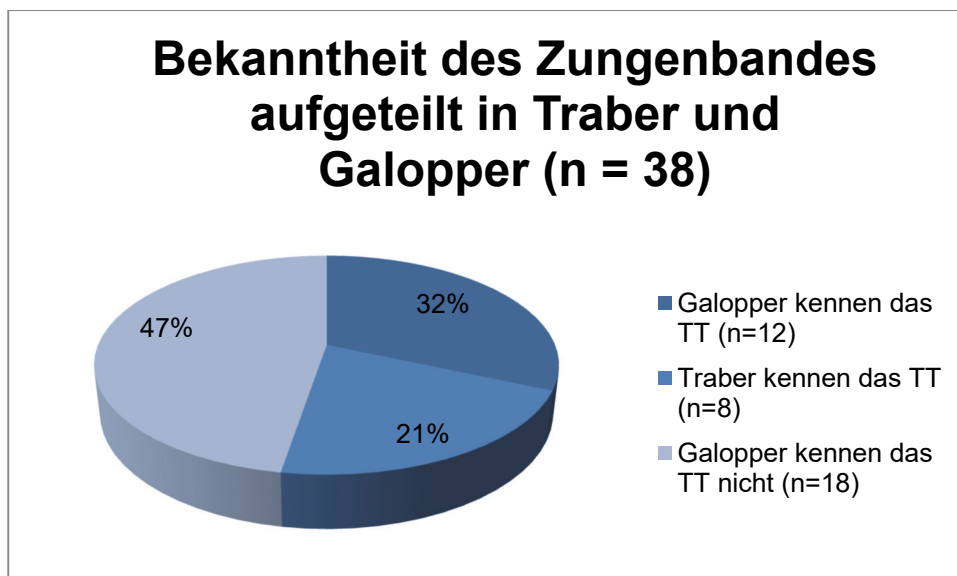


Abbildung 26: Darstellung der Zungenband Bekanntheit, aufgeteilt in Traber und Galopper ($n = 38$).

4.2 Bewertung der Gaumensegelfunktion (DDSP)

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 38 Pferde endoskopiert. Die Dorsalverlagerung des Gaumensegels trat bei vier Pferden auf. Drei von vier Pferden hatten das Zungenband währenddessen getragen. Nur bei einem Pferd trat das DDSP ohne Anwendung des

Zungenbandes auf. Die Dorsalverlagerung trat unter Verwendung des Zungenbandes somit dreimal häufiger auf, als ohne Zungenband. Aufgrund dieser unerwartet niedrigen Zahlen erfolgt die weitere Beschreibung ausschließlich deskriptiv. In der Gruppe der Traber wurde keine Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels beobachtet. Alle vier Gaumensegelverlagerungen traten bei den Galoppfern auf (13,3 %). Unter Zungenbandanwendung waren 10 % der Tiere von einer Dorsalverlagerung des Gaumensegels betroffen. Der prozentuale Anteil für das Auftreten eines DDSPs ohne Zungenband lag hier bei 3,3 %. Drei der vier Tiere, die ein DDSP aufwiesen, kannten das Zungenband vorher nicht. Von den insgesamt vier beobachteten DDSPs wurde dreimal (der Grad II (habituell in Ruhe) diagnostiziert (Abb. 30). Bei allen drei Pferden trat der DDSP nach dem Anlegen des Zungenbandes in Ruhe auf. Bei einem Pferd wurde der Grad I, habituell belastungsinduziert (nach OHNESORGE, 1998, Tab. 6) diagnostiziert. Dieses Pferd trug während der maximalen Belastung kein Zungenband, als die Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels auftrat.

4.3 Bewertung der Kehlkopffunktion in Ruhe (RLN)

Die Klassifizierung der Larynxfunktion erfolgte bei allen 38 Pferden. Es wurde das Bewertungssystem von HAVEMEYER (2003, Tab. 7) für die Beurteilung der Kehlkopffunktion zu Grunde gelegt. Bei sieben Pferden wurde der Grad II/ 1. diagnostiziert. Ein Grad II/ 2. wurde bei drei Pferden diagnostiziert (Abb. 27, Tab. 9). Aufgrund dieser unerwartet niedrigen Zahlen erfolgt die Beschreibung ausschließlich deskriptiv. Eine Auflistung der Befunde für jedes einzelne Pferd erfolgt in Tabelle 26 (Anhang).

4.4 Bewertung der Kehlkopffunktion in Belastung (RLN)

Mit dem Bewertungsschema von RAKESTRAW et al. (1991, Tab. 8) wiesen während der Belastung, neun der 38 Pferde einen Grad A (Vollständige Abduktion der *Aryknorpel* während der Inspiration) auf. Eines von 38 Pferden erhielt unter Belastung den Grad B (Abb. 27, Tab. 9) (Unvollständige *Abduktion* des betroffenen *Aryknorpels*, Stellung zwischen vollständiger *Abduktion* und Ruheposition). Bei den Trabern traten weder in Ruhe noch in maximaler Belastung Funktionsstörungen des Kehlkopfes auf.

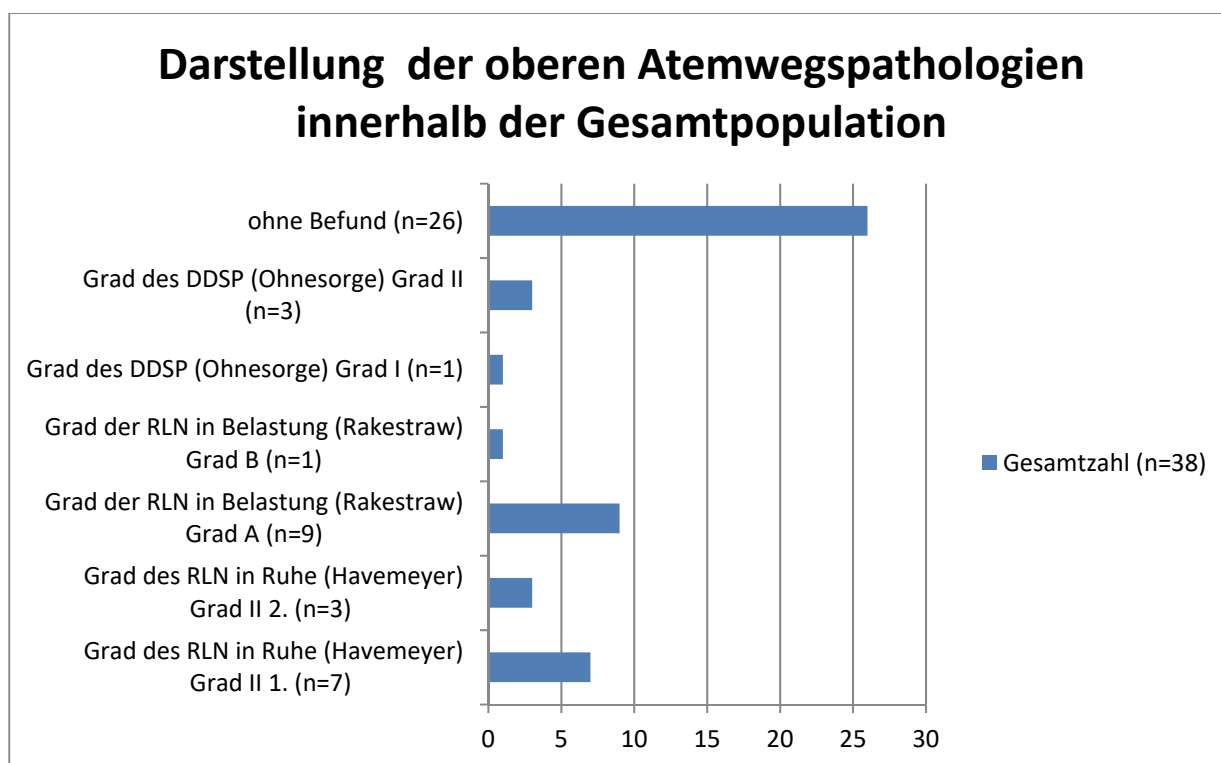


Abbildung 27: Darstellung der oberen Atemwegspathologien innerhalb der Gesamtpopulation (n = 38).

4.5 Gemeinsames Auftreten oberer Atemwegspathologien (DDSP, RLN)

Bei sieben der insgesamt 38 untersuchten Tiere konnte in Ruhe eine Funktionsstörung des Kehlkopfes Grad II/ 1. nach HAVEMEYER (2003, Tab. 7) festgestellt werden. Zudem erfolgte bei diesen Pferden während maximaler Belastung eine Einstufung in den Grad A nach RAKESTRAW et al. (1991, Tab. 8). Ein gleichzeitiges Auftreten eines DDSPs wurde bei diesen Tieren nicht beobachtet. Eines dieser Pferde hatte eine rötlichbraune Sekretpur auf der *Epiglottis*. Dieser Befund kann hinweisend für ein vorangegangenes belastungsinduziertes Lungenbluten sein. Zwei Tiere zeigten in Ruhe eine Grad II/ 2 Funktionsstörung des Kehlkopfes nach HAVEMEYER (2003, Tab. 7) und während maximaler Belastung eine Funktionsstörung des Kehlkopfes nach RAKESTRAW et al. (1991, Tab. 8) Grad A (Abb. 27, Tab. 9). Diese Pferde wiesen ebenfalls in Ruhe eine habituelle Dorsalverlagerung des Gaumensegels Grad II auf nach OHNESORGE (1998, Tab. 6). Bei einem Pferd wurde in Ruhe eine Funktionsstörung des Kehlkopfes Grad II/ 2 nach HAVEMEYER (2003, Tab. 7) sowie ein Grad B während maximaler Belastung nach RAKESTRAW et al. (1991, Tab. 8) festgestellt. Ein DDSP trat bei diesem Tier nicht auf (Abb. 27, Tab. 9). Zwei weitere Pferde zeigten nur eine habituelle Dorsalverlagerung des Gaumensegels. Eine Funktionsstörung des Kehlkopfes lag bei diesen Tieren nicht vor. Ein Pferd zeigte die Verlagerung des weichen Gaumensegels in Ruhe (Grad II), bei dem anderen Tier trat die Verlagerung belastungsinduziert auf (Grad I)

nach OHNESORGE (1998, Tab. 6). Bei zwei Probanden konnte eine rötlichbraune Sekretspur auf der *Epiglottis* festgestellt werden (Abb. 27, Tab. 9). Eines der beiden Pferde hatte Beeinträchtigungen der Kehlkopffunktion (siehe oben), bei dem anderen Studienteilnehmer war die Kehlkopffunktion ohne besonderen Befund. Eine Zusammenfassung der Pferde mit pathologischen Befunden befindet sich in der Tabelle 9. Das gemeinsame Auftreten oberer Atemwegspathologien für diese dreizehn Probanden wird in der Tabelle veranschaulicht.

Tabelle 9: Übersicht der gemeinsam auftretenden oberen Atemwegspathologien (n = 13).

Tier	Grad der RLN in Ruhe nach Havemeyer	Grad der RLN in Belastung nach Rakestraw	Grad des DDSP nach Ohnesorge	andere Befunde
1	Grad II 1.	Grad A		
2	Grad II 2.	Grad B		
3	Grad II 1.	Grad A		
4				rotes Sekret
5	Grad II 1.	Grad A		rotes Sekret
6	Grad II 1.	Grad A		
7	Grad II 2.	Grad A	Grad II	
8	Grad II 1.	Grad A		
9			Grad I	
10	Grad II 2.	Grad A	Grad II	
11	Grad II 1.	Grad A		
12			Grad II	
13	Grad II 1.	Grad A		

4.6 Ausschlusskriterien für die statistische Auswertung

Von den 38 ausgewerteten Endoskopievideos fehlte aufgrund von Kopfbewegungen in der Belastungsphase bei acht Studienteilnehmern die vollständige Darstellung wichtiger anatomischer Strukturen (Pharynxdach, vollständiger Larynx). Dies führte zum Ausschluss der acht Pferde aus der statistischen Auswertung für die Pharynxweite (a und b), die Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (PE-Ratio b/a) und der vergleichenden Darstellung der PE-Ratio anhand der pathologischen Befunde (ohne Befund, RLN, DDSP). Die Untersuchung zur Pharynxweite wurde mit 30 Probanden (n = 30) durchgeführt. Die Studienpopulation bestand aus 22 Galoppfern und acht Trabern. Für die statistische Auswertung der Larynxweite (a, b, c, d) und der Kehlkopfföffnungsflächen-Ratio (b/a , c/a , d/a , e/a) wurden von den insgesamt 38 Studienteilnehmern sieben Pferde ausgeschlossen. Die vollständige Darstellung wichtiger anatomischer Strukturen (vollständiger Larynx) fehlte aufgrund von Kopfbewegungen während der Belastung bei diesen Pferden. Die statistische Untersuchung für die Larynxbeurteilung wurde mit 31 Probanden durchgeführt. Die Studienpopulation bestand aus 23 Galoppfern und acht Trabern.

4.7 Test auf Normalverteilung der Daten

Um die Daten statistisch auszuwerten, wurden sie zunächst mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Die Mittelwerte der jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) der Pharynxweite (a und b, Rohdaten), sowie die Mittelwerte der jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a), wiesen eine Normalverteilung auf. Der Shapiro-Wilk-Test ergab, dass die Mittelwerte der jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) der Kehlkopföffnungsfläche (a, b, c, d, e, Rohdaten) und die Kehlkopföffnungsflächen-Ratio (b/a , c/a , d/a , e/a) zumindest graphisch normalverteilt waren. In der visuellen Bewertung der Werteverteilung im Histogramm, sowie in den Normalverteilungsdiagrammen, ergab sich eine hinreichende Annäherung an die Normalverteilung.

4.8 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Pharynxweite (a und b) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Für die statistische Auswertung der Pharynxweite wurden die Mittelwerte ($n = 30$) der gemessenen Längen im Pharynx (a und b), aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) ausgewertet.

4. Ergebnisse

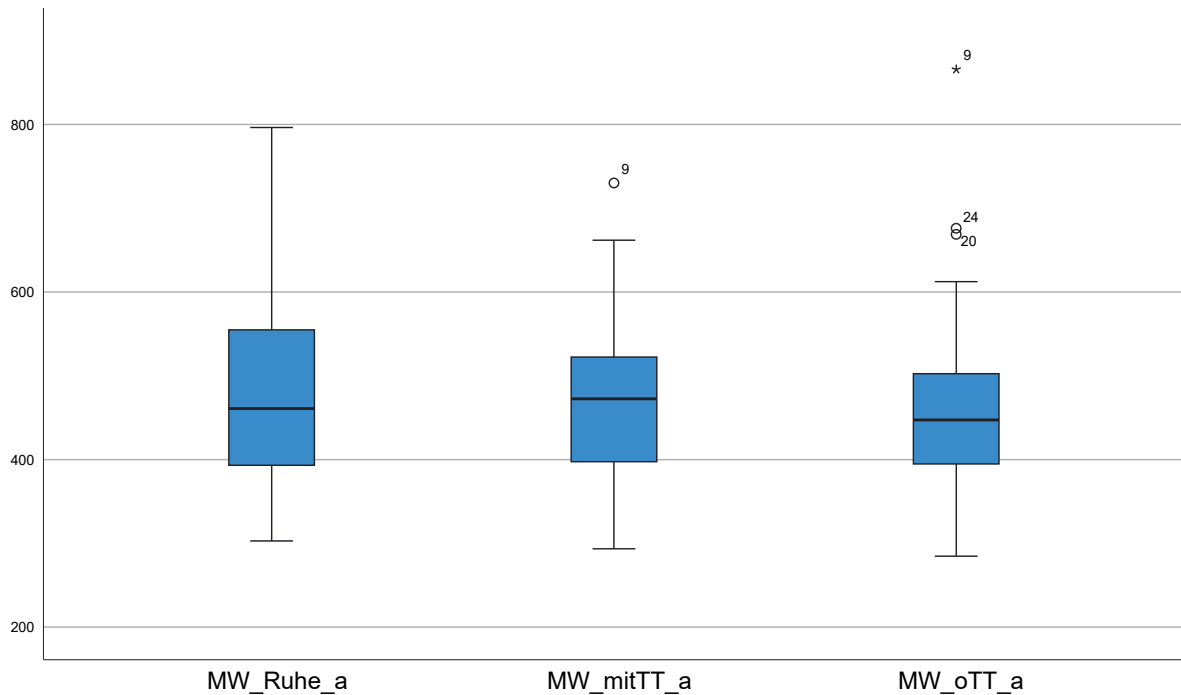


Abbildung 28: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der *Epiglottis*breite (a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).

[Die mittlere horizontale Linie des Boxplots markiert den Median. Er markiert exakt die Mitte der Daten. Die Ober- und Untergrenze der Box markieren das erste und dritte Quartil. In diesem Bereich befinden sich die mittleren 50% der Daten. Die unteren und oberen Antennen stellen die kleinsten und größten festgestellten Werte innerhalb der Studienpopulation dar. Extremwerte (extreme Ausreißer = *) werden durch kleine Kreise dargestellt. Antennen und potentielle Ausreißer stellen damit die äußeren 50% der Daten dar. Bei der Auswertung fällt auf, dass sich die *Epiglottis*breite im Vergleich zwischen den Gruppen nur unmerklich verändert.]

Die durchschnittliche Breite der *Epiglottis* (a) in Ruhe (MW = 483,68, SD = 121,44; Tab. 27, Anhang) war minimal größer als die in Belastung mit Zungenband (MW = 474,54, SD = 108,28; Tab. 27, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(29) = 0,59$, $p < 0,558$ (Tab. 27, Anhang). Die Differenz der durchschnittlichen Breite der *Epiglottis* (a) in Ruhe (MW = 483,68, SD = 121,44; Tab. 27, Anhang) war minimal größer als in Belastung ohne Zungenband (MW = 461,30, SD = 121,35; Tab. 27, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(29) = 1,12$, $p < 0,271$ (Tab. 27, Anhang). Die durchschnittliche Breite der *Epiglottis* (a) in Belastung mit Zungenband (MW = 474,54, SD = 108,28; Tab. 27, Anhang) war minimal größer als die in Belastung ohne Zungenband (MW 461,30, SD = 121,35; Tab. 27, Anhang). Die Differenz war

nicht signifikant: $t(29) = 1,26$, $p < 0,220$ (Tab. 27, Anhang). Somit war die *Epiglottisbreite* (a) in allen drei Belastungsphasen annähernd gleich groß (Abb.28).

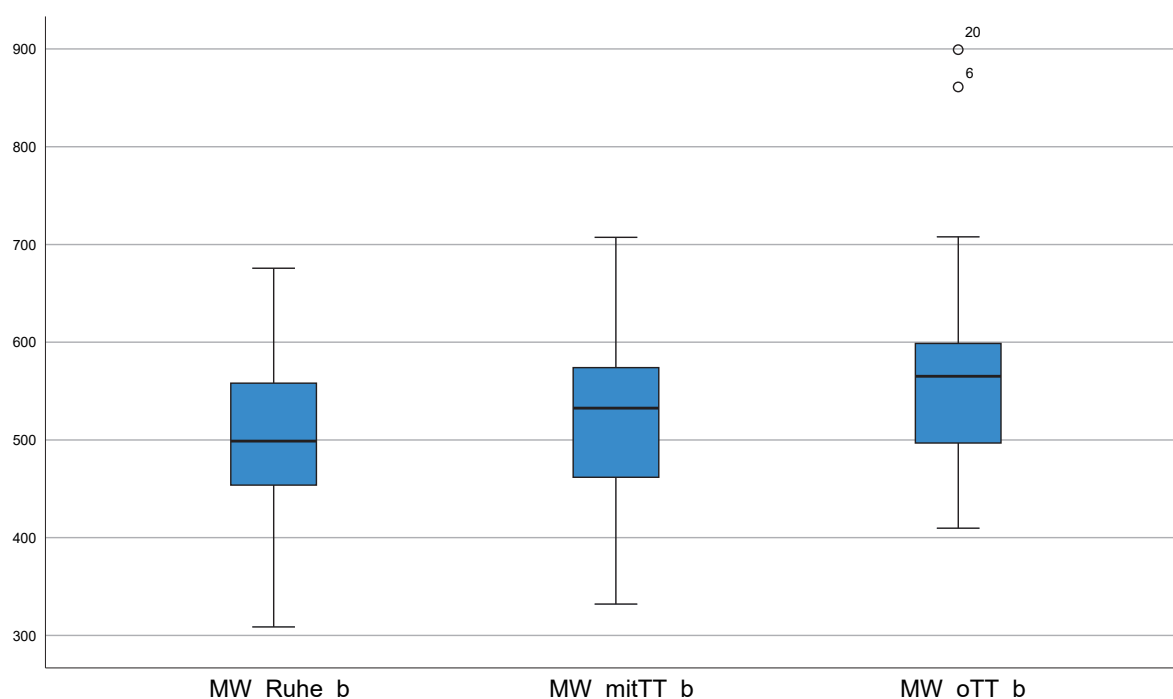


Abbildung 29: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) von der Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der *Epiglottisbreite*, b) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).

Die durchschnittliche Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der *Epiglottisbreite*, b) in Ruhe (MW = 511,16, SD = 86,88; Tab 28, Anhang) war geringgradig kleiner als die in Belastung mit Zungenband (MW = 523,70, SD = 86,93; Tab 28, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(29) = -1,09$, $p < 0,285$ (Tab. 28, Anhang). Die Differenz der Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der *Epiglottisbreite*, b) in Ruhe (MW = 511,16, SD = 86,88; Tab 28, Anhang) war kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 563,09, SD = 112,37; Tab 28, Anhang). Die Differenz war signifikant: $t(29) = -3,08$, $p < 0,004$ (Tab. 28, Anhang). Die durchschnittliche Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der *Epiglottisbreite*, b) in Belastung mit Zungenband (MW = 523,70, SD = 86,93; Tab 28, Anhang) war minimal kleiner als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 563,09, SD = 112,37; Tab 28, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(29) = -2,71$, $p < 0,011$ (Tab. 28, Anhang). Hier ist im Vergleich zu sehen, dass sich nur die Höhe des Pharynx (b) in Ruhe und in Belastung mit Zungenband signifikant voneinander unterscheidet (Abb. 29).

4.9 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Pharynxweite (a und b) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Die einfache Korrelationsanalyse ergab einen mittelstarken, positiven, linearen Zusammenhang für die beiden Parameter: *Epiglottisbreite* (a) (Korrelation = ,596, $p < ,001$; Tab. 10) und der Höhe des Pharynxdaches (b) (Korrelation = ,597, $p < ,001$; Tab. 11) für das Paar: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband. Einen mittelstarken bis starken positiven linearen Zusammenhang konnte für die beiden Parameter: *Epiglottisbreite* (a) (Korrelation = ,736, $p < ,001$; Tab. 10) und der Höhe des Pharynxdaches (b, Korrelation = ,737 $p < ,001$; Tab. 11) für das Paar: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband. Die beiden Parameter: *Epiglottisbreite* (a, Korrelation = ,879, $p < ,001$; Tab. 10) und die Höhe des Pharynxdaches (b, Korrelation = ,708, $p < ,001$; Tab. 11) wiesen einen starken positiven linearen Zusammenhang für die Gruppe Belastung mit und ohne Zungenband auf. Die Korrelationsanalyse ergab, dass für alle Paare der drei Beobachtungsgruppen, der *Epiglottisbreite* (a) und der Höhe des Pharynxdaches (b), ein hoch signifikanter positiver linearer Zusammenhang ($p < ,001$; Tab. 10 und 11) bestand.

Tabelle 10: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der *Epiglottisbreite* (a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der *Epiglottisbreite* (a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (a) & Belastung mit TT (a)	30	,736	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (a) & Belastung ohne TT (a)	30	,596	<,001	<,001
Paaren 3 Belastung mit TT (a) & Belastung ohne TT (a)	30	,879	<,001	<,001

Tabelle 11 Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der *Epiglottis*breite, b) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Höhe des Pharynxdaches (b)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (b) & Belastung mit TT (b)	30	,737	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (b) & Belastung ohne TT (b)	30	,597	<,001	<,001
Paaren 3 Mit TT (b) & Belastung ohne TT (b)	30	,708	<,001	<,001

4.10 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Larynxöffnungsfläche (a ,b, c, d, e) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Für die statistische Auswertung wurden die Mittelwerte (n = 31) der gemessenen Larynxparameter [a, b, c, (Strecken, Einheit = Pixel) d (Winkel, Einheit = Grad) e und (Kehlkopföffnungsfläche, Einheit = Pixel) aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) ausgewertet.

4. Ergebnisse

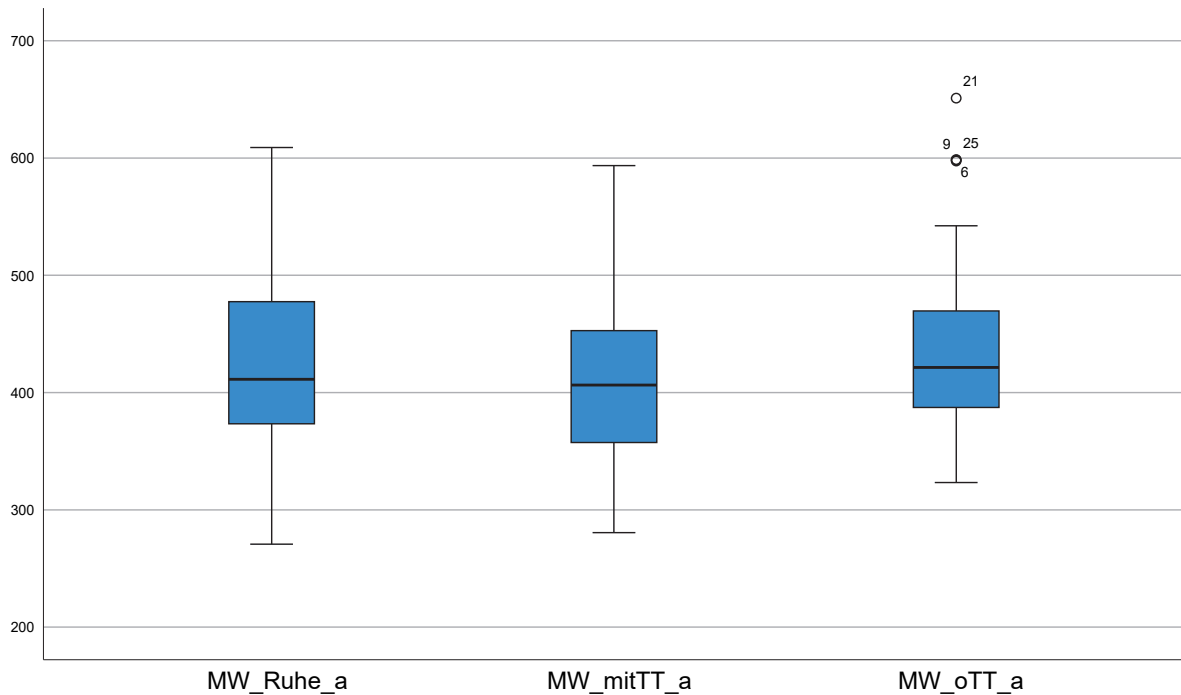


Abbildung 30: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) in Ruhe (MW = 424,65, SD = 81,13; Tab. 29, Anhang) war geringgradig größer als die in Belastung mit Zungenband (MW = 411,45, SD = 78,22; Tab. 29, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -1,08$, $p < 0,287$ (Tab. 29, Anhang). Die Differenz der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) in Ruhe (MW = 424,65, SD = 81,13; Tab. 29, Anhang) war geringgradig kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 438,81, SD = 84,45; Tab. 29, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,853$, $p < 0,401$ (Tab. 29, Anhang). Die durchschnittliche maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) in Belastung mit Zungenband (MW = 411,45, SD = 78,22; Tab. 29, Anhang) war minimal kleiner als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 438,81, SD = 84,45; Tab. 29, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -2,30$, $p < 0,028$ (Tab. 29, Anhang). Hier ist im Vergleich zu sehen, dass sich für den Larynxparameter der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) keines der Paare in den Beobachtungsphasen signifikant voneinander unterscheidet (Abb. 30).

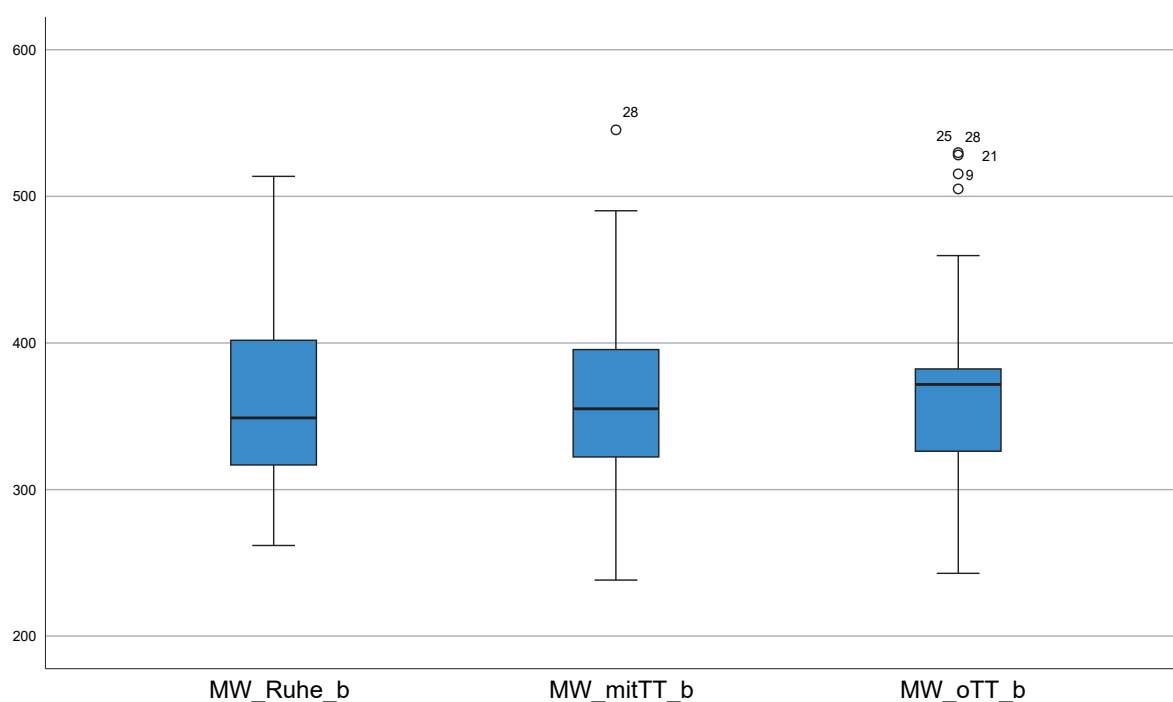


Abbildung 31: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche maximale Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) in Ruhe (MW = 362,96, SD = 68,47; Tab. 30, Anhang) war geringgradig kleiner als die in Belastung mit Zungenband (MW = 365,52, SD = 71,73; Tab. 30, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,248$, $p < 0,806$; Tab. 30, Anhang).

Die Differenz der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) in Ruhe (MW = 362,96, SD = 68,47; Tab. 30, Anhang) war geringgradig kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 370,57, SD = 75,16; Tab. 30, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,615$, $p < 0,543$; Tab. 30, Anhang). Die durchschnittliche maximale Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) in Belastung mit Zungenband (MW = 365,52, SD = 71,73; Tab. 30, Anhang) war minimal kleiner als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 370,57, SD = 75,16; Tab. 30, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,700$, $p < 0,490$ (Tab. 30, Anhang). Hier ist im Vergleich zu sehen, dass sich für den Larynxparameter maximale Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b), keines der Paare in den Beobachtungsphasen signifikant voneinander unterscheidet (Abb. 31)

4. Ergebnisse

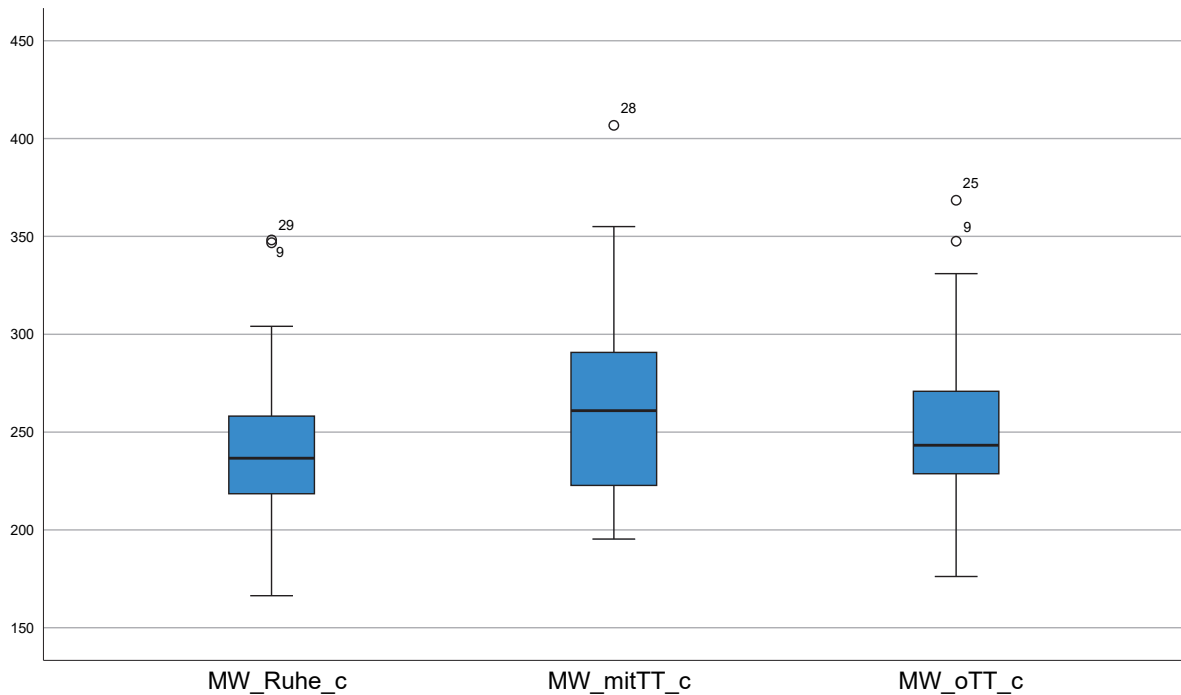


Abbildung 32: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche maximale Breite auf Höhe der Stimmfalten (c) in Ruhe (MW = 243,14, SD = 44,10; Tab. 31, Anhang) war geringgradig kleiner als die in Belastung mit Zungenband (MW = 265,31, SD = 51,05; Tab. 31, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(31) = -2,672$, $p < 0,012$; Tab. 31, Anhang). Die Differenz der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) Ruhe (MW = 243,14, SD = 44,10; Tab. 31, Anhang) war geringgradig kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 253,70, SD = 45,17; Tab. 31, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -1,246$, $p < 0,223$; Tab. 31, Anhang).

Die durchschnittliche maximale Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) in Belastung mit Zungenband (MW = 265,31, SD = 51,05; Tab. 31, Anhang) war minimal größer als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 253,70, SD = 45,17; Tab. 31, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = 2,214$, $p < 0,035$ (Tab. 31, Anhang). Für den Larynxparameter maximale Breite der Kehlkopfföffnungsfläche (b) unterscheidet sich keines der Paare in den drei Beobachtungsphasen signifikant voneinander (Abb. 32).

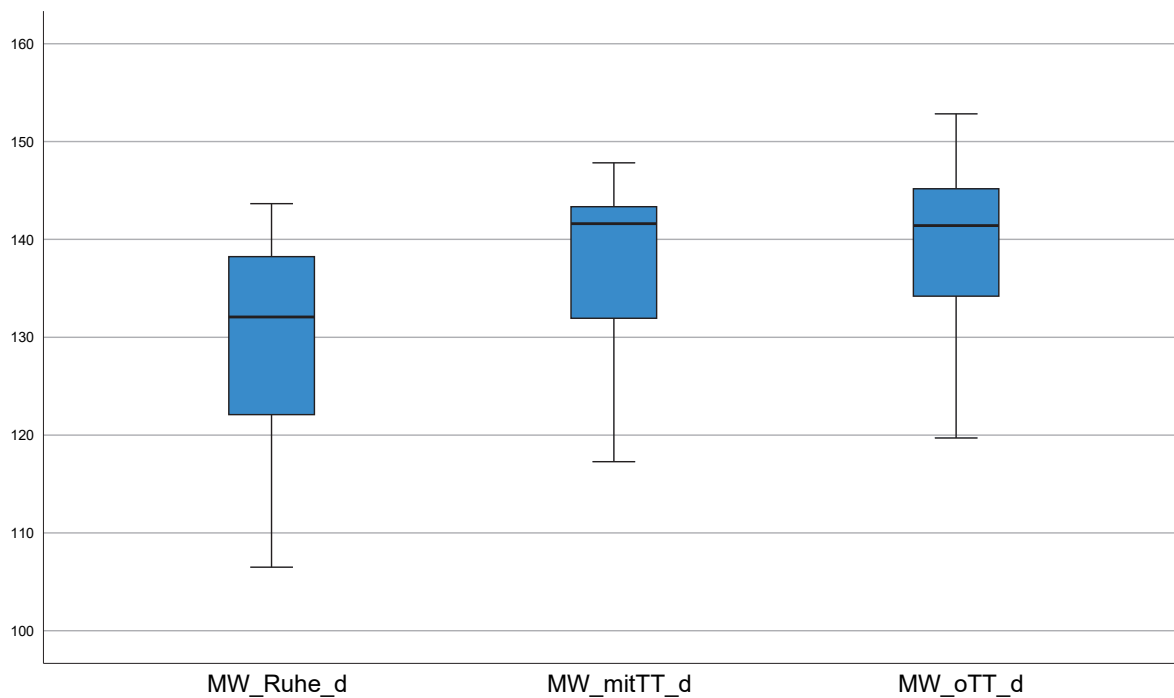


Abbildung 33: Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) des relativen Öffnungswinkels (d) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche Größe des relativen Öffnungswinkels (d) in Ruhe (MW = 128,60, SD = 10,80; Tab. 32, Anhang) war kleiner als die in Belastung mit Zungenband (MW = 137,85, SD = 8,44; Tab. 32, Anhang). Die Differenz war signifikant: $t(30) = -4,547$, $p < 0,001$; Tab. 32, Anhang). Die Differenz des relativen Öffnungswinkels (d) in Ruhe (MW = 128,60, SD = 10,80; Tab. 32, Anhang), war kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 139,28, SD = 8,04; Tab. 32, Anhang). Die Differenz war signifikant: $t(30) = -5,453$, $p < 0,001$; Tab. 32, Anhang). Die durchschnittliche Größe des relativen Öffnungswinkels (d) in Belastung mit Zungenband (MW = 137,85, SD = 8,44; Tab. 32, Anhang) war minimal kleiner als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 139,28, SD = 8,04; Tab. 32, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,995$, $p < 0,327$ (Tab. 32, Anhang). Für den relativen Öffnungswinkel (d) konnte festgestellt werden, dass sich die durchschnittlichen Mittelwerte im Vergleich zur Beobachtungsgruppe "Ruhe" mit der "Belastung mit Zungenband" und zur "Belastung ohne Zungenband" signifikant vergrößern. Der Unterschied zwischen den Belastungsgruppen ("mit Zungenband" und "ohne Zungenband") war hingegen nicht signifikant (Abb. 33).

4. Ergebnisse

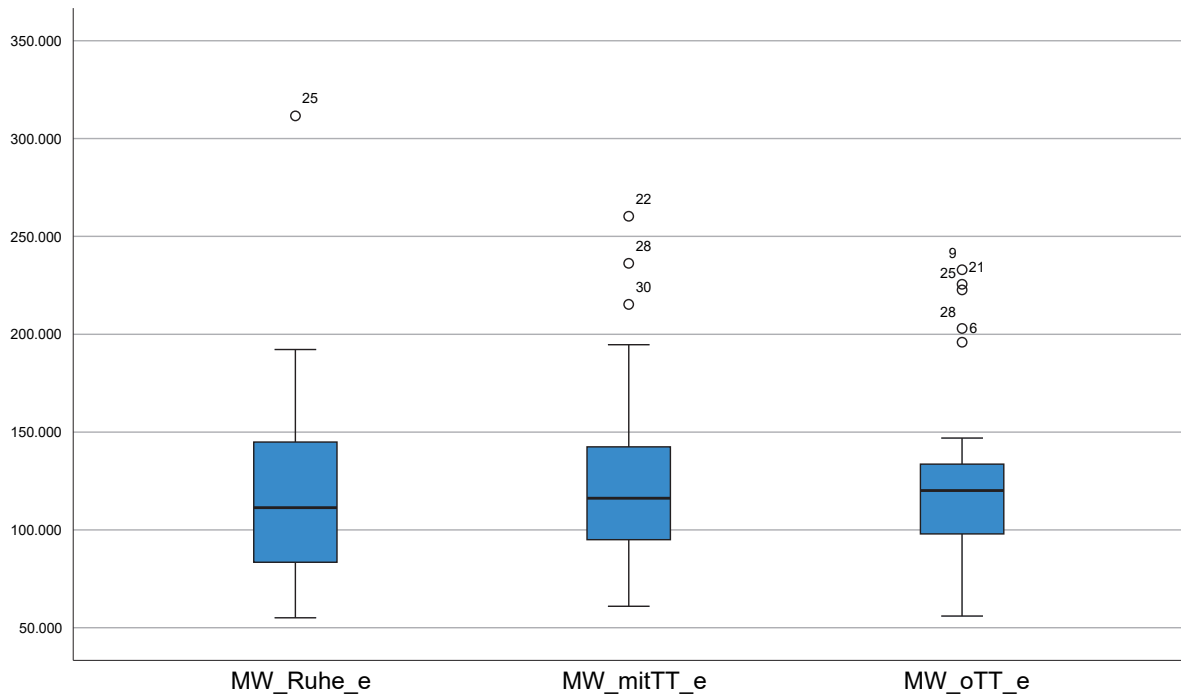


Abbildung 34 Vergleichende Darstellung der Mittelwerte (MW, Y-Achse) der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche Kehlkopföffnungsfläche (e) in Ruhe (MW = 120903,90, SD = 52064,08; Tab. 33, Anhang) war geringgradig kleiner als die in Belastung mit Zungenband (MW = 127549,41, SD = 49239,73; Tab. 33, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,638$, $p < 0,528$; Tab. 33, Anhang). Die Differenz der Kehlkopföffnungsfläche (e) in Ruhe (MW = 120903,90, SD = 52064,08; Tab. 33, Anhang) war geringgradig kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 124621,79, SD = 46067,09; Tab. 33, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -0,464$, $p < 0,646$; Tab. 33, Anhang). Die durchschnittliche Kehlkopföffnungsfläche (e) in Belastung mit Zungenband (MW = 127549,41, SD = 8843,72; Tab. 33, Anhang) war minimal größer als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 124621,79, SD = 46067,09; Tab. 33, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = 0,354$, $p < 0,726$ (Tab. 33, Anhang). Die Kehlkopföffnungsfläche (e) unterscheidet sich in keinem der Paare für die drei Beobachtungsphasen signifikant voneinander (Abb. 34).

4.11 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der Rohdaten der Larynxöffnungsfläche (a, b, c, d, e) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Tabelle 12: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a)

		N	Korrelation	Signifikanz	
				Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1	Ruhe (a) & Belastung mit TT (a)	31	,638	<,001	<,001
Paaren 2	Ruhe (a) & Belastung ohne TT (a)	31	,376	,019	,037
Paaren 3	Belastung mit TT (a) & Belastung ohne TT (a)	31	,672	<,001	<,001

Es konnte mit der einfachen Korrelationsanalyse ein mittelstarker, positiver, linearer Zusammenhang für die maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) der Paare: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,638, $p < ,001$; Tab.12) und für dem Paar: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,672, $p < ,001$; Tab.12), festgestellt werden. Für das Paar Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband konnte, für die maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a), ein schwach positiver, nicht signifikanter, linearer Zusammenhang (Korrelation = ,376, $p < ,037$; Tab. 12) nachgewiesen werden.

Tabelle 13: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b)

		N	Korrelation	Signifikanz	
				Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1	Ruhe (b) & Belastung mit TT (b)	31	,664	<,001	<,001
Paaren 2	Ruhe (b) & Belastung ohne TT (b)	31	,543	<,001	,002
Paaren 3	Belastung mit TT (b) & Belastung ohne TT (b)	31	,851	<,001	<,001

Die Korrelationsanalyse wies einen mittelstarken, positiven, linearen Zusammenhang für die maximale Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b) der Paare: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,664, $p < ,001$; Tab. 13) und für das Paar: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,543, $p < ,002$; Tab. 13) auf. Am stärksten war der positive, lineare Zusammenhang der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b), für das Paar: Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,851, $p < ,001$; Tab. 13).

Tabelle 14: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c)

		N	Korrelation	Signifikanz	
				Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1	Ruhe (c) & Belastung mit TT (c)	31	,537	<,001	,002
Paaren 2	Ruhe (c) & Belastung ohne TT (c)	31	,442	,006	,013
Paaren 3	Belastung mit TT (c) & Belastung ohne TT (c)	31	,822	<,001	<,001

Die einfache Korrelationsanalyse wies einen mittelstarken, positiven, linearen Zusammenhang für die maximale Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) der Paare: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,537, $p < ,002$; Tab. 14) und für das Paar: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,442, $p < ,013$; Tab. 14) auf. Nur beim ersten Paar (Ruhe vs. mit TT) war der Zusammenhang signifikant. Am stärksten war der positive, lineare Zusammenhang der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) für das Paar: Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,822, $p < ,001$; Tab. 14).

Tabelle 15: Korrelationen bei gepaarten Stichproben des relativen Öffnungswinkels (d) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben des relativen Öffnungswinkels (d)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (d) & Belastung mit TT (d)	31	,326	,037	,074
Paaren 2 Ruhe (d) & Belastung ohne TT (d)	31	,358	,024	,048
Paaren 3 Belastung mit TT (d) & Belastung ohne TT (d)	31	,531	,001	,002

Bei der Korrelationsanalyse des relativen Öffnungswinkels (d) konnte nur ein schwach positiver, linearer Zusammenhang für das Paar: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,326, $p < ,074$; Tab. 15) und für das Paar: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,358, $p < ,048$; Tab. 15) festgestellt werden, die nicht signifikant waren. Einen mittelstarken, signifikanten, positiven, linearen Zusammenhang für den relativen Öffnungswinkel (d) konnte für das Paar: Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,531, $p < ,002$; Tab. 15) beobachtet werden.

Tabelle 16: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (e) & Belastung mit TT (e)	31	,346	,028	,056
Paaren 2 Ruhe (e) & Belastung ohne TT (e)	31	,593	<,001	<,001
Paaren 3 Belastung mit TT (e) & Belastung ohne TT (e)	31	,534	<,001	,002

In der einfachen Korrelationsanalyse für die Kehlkopföffnungsfläche (e) konnte nur ein schwach positiver, linearer Zusammenhang für das Paar Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,324, $p < ,056$; Tab. 16) festgestellt werden, der nicht signifikant war. Für die Kehlkopföffnungsfläche (e) konnte ein mittelstarker, signifikanter, positiver linearer Zusammenhang für die beiden Paare: Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation =

,593, $p < ,001$; Tab. 16) und für Belastung mit vs. ohne Zungenband (Korrelation = 534, $p < ,001$; Tab. 16) beobachtet werden.

4.12 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Für die statistische Auswertung der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio wurden die Mittelwerte ($n = 30$) der ermittelten Ratio (Pharynxhöhe/*Epiglottis*breite, b/a), aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband), ausgewertet.

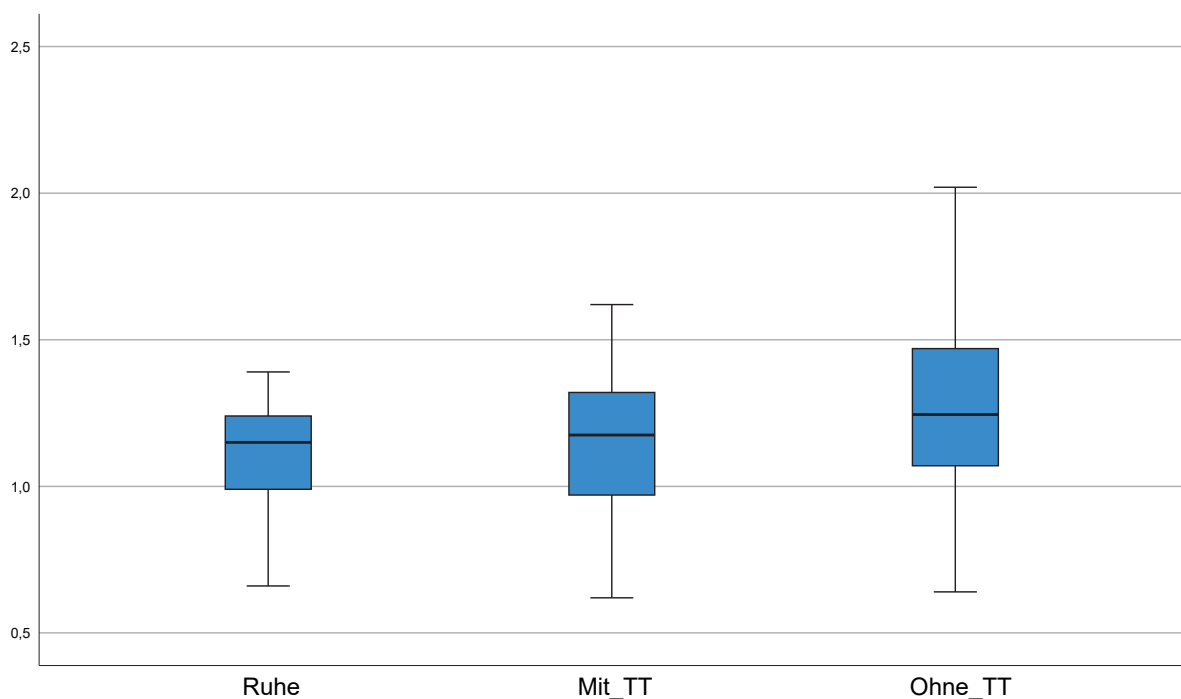


Abbildung 35: Vergleichende Darstellung der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot ($n = 30$).

Es gibt keine signifikante Differenz ($t(29) = -1,22$, $p < 0,232$; Tab. 34, Anhang) der durchschnittlichen Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) der Beobachtungsgruppe Ruhe (MW = 1,11; SD = 0,19; Tab. 34, Anhang), im Vergleich zur Beobachtungsgruppe Belastung mit Zungenband (MW = 1,15,1; SD = 0,27; Tab. 34, Anhang). Die Differenz der durchschnittlichen Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) in Ruhe (MW = 1,11, SD = 0,19; Tab. 34, Anhang), war kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 1,28, SD = 0,30; Tab. 34). Es ergab sich eine hohe Signifikanz $t(29) = -4,30$, $p < 0,001$ (Tab. 34, Anhang). Die durchschnittliche Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) in Belastung mit Zungenband (MW = 1,15,1; SD = 0,27; Tab. 34, Anhang)

ist niedriger als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 1,28, SD = 0,30; Tab. 34). Die Differenz war sehr signifikant: $t(29) = -4,97$, $p < 0,001$ (Tab. 34, Anhang). Somit war die PE-Ratio in Belastung ohne Zungenband, signifikant größer als in den Vergleichsgruppen (Abb. 35).

4.13 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben der Pharynx-Epiglottis-Ratio für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Tabelle 17: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (b/a) & Belastung mit TT (b/a)	30	,718	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (b/a) & Belastung ohne TT (b/a)	30	,702	<,001	<,001
Paaren 3 Belastung mit TT (b/a) & Belastung ohne TT (b/a)	30	,885	<,001	<,001

Es konnte mit der einfachen Korrelationsanalyse ein starker, positiver, linearer Zusammenhang für die Pharynx-*Epiglottis*-Ratio (b/a) der drei Beobachtungspaare (Ruhe vs. Belastung mit Zungenband: Korrelation = ,718, $p < ,001$; Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband: Korrelation = ,702, $p < ,001$; und Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband: Korrelation = ,885, $p < ,001$; Tab. 17) festgestellt werden. Der Signifikanztest zeigt, dass es zwischen allen Beobachtungspaaren der PE-Ratio einen hoch signifikanten Zusammenhang gibt ($p < ,001$; Tab. 17).

4.14 Explorative Datenanalyse und Statistik mit gepaarten Stichproben anhand der vier Parameter der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a, c/a, d/a, e/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Für diese statistische Auswertung wurden die Mittelwerte, der jeweiligen fünf Messungen der einzelnen Pharynxparameter (a, b, c, d, e), aus den drei Beobachtungsphasen verwendet ($n = 31$). Die einzelnen Parameter wurden zu vier selbstständigen Parametern (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio) als Quotient ermittelt. (maximale Breite der Öffnungsfläche/ maximale

4. Ergebnisse

Höhe der Öffnungsfläche = Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: b/a ; mittlere Höhe der Stimmfalten/maximale Höhe der Öffnungsfläche = Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: c/a ; relativer Öffnungswinkel/ maximale Höhe der Öffnungsfläche = Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: d/a ; gesamte Öffnungsfläche/ maximale Höhe der Öffnungsfläche = Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: e/a).

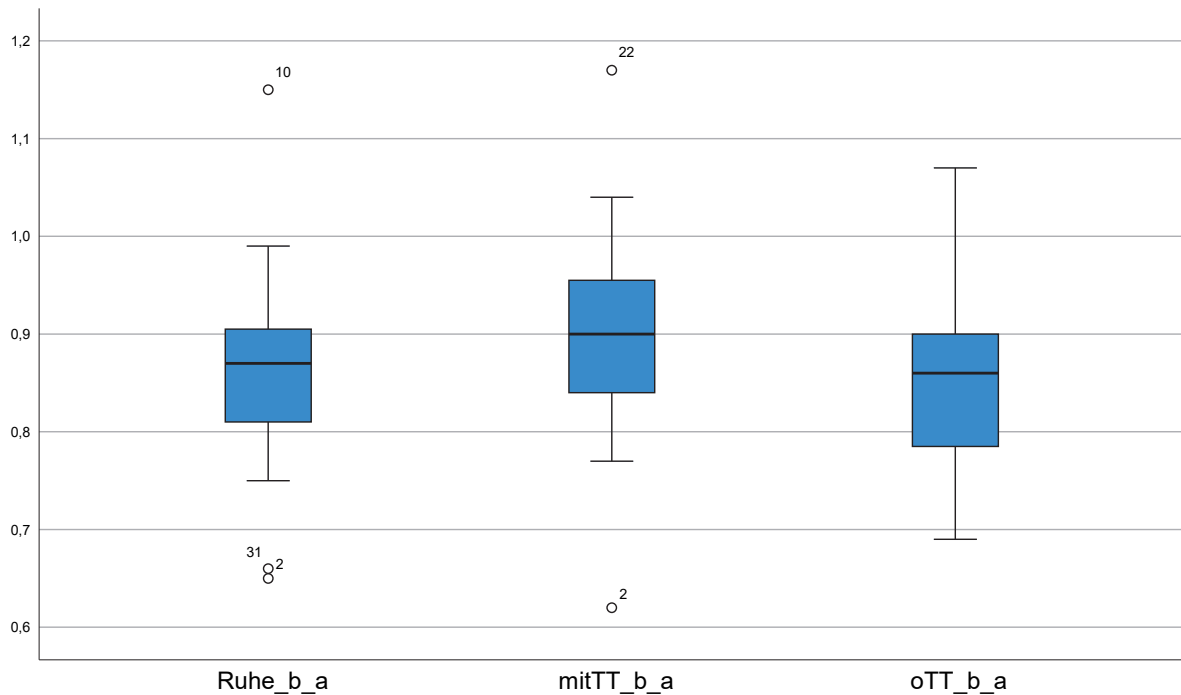


Abbildung 36: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) (Y-Achse, b_a) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot ($n = 31$).

Es gibt keine signifikante Differenz ($t(30) = -2,64$, $p < 0,013$; Tab. 35, Anhang) der durchschnittlichen Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) der Beobachtungsgruppe Ruhe (MW = 0,86; SD = 0,09; Tab. 35, Anhang), im Vergleich zur Beobachtungsgruppe Belastung mit Zungenband (MW = 0,89; SD = 0,10; Tab. 35, Anhang). Die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) in Ruhe (MW = 0,86, SD = 0,09; Tab. 35, Anhang) war annähernd so groß, wie in Belastung ohne Zungenband (MW = 0,85, SD = 0,89; Tab. 35, Anhang). Es ergab sich keine Signifikanz $t(30) = ,29$, $p < 0,776$ (Tab. 35, Anhang). Die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) in Belastung mit Zungenband (MW = 0,89, SD = 0,10; Tab. 35, Anhang) war geringgradig größer, als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 0,85, SD = 0,89; Tab. 35, Anhang). Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = 2,57$, $p < 0,015$ (Tab. 35, Anhang). Somit konnte bei in keinem der Paare ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Beobachtungsphasen festgestellt werden (Abb. 36).

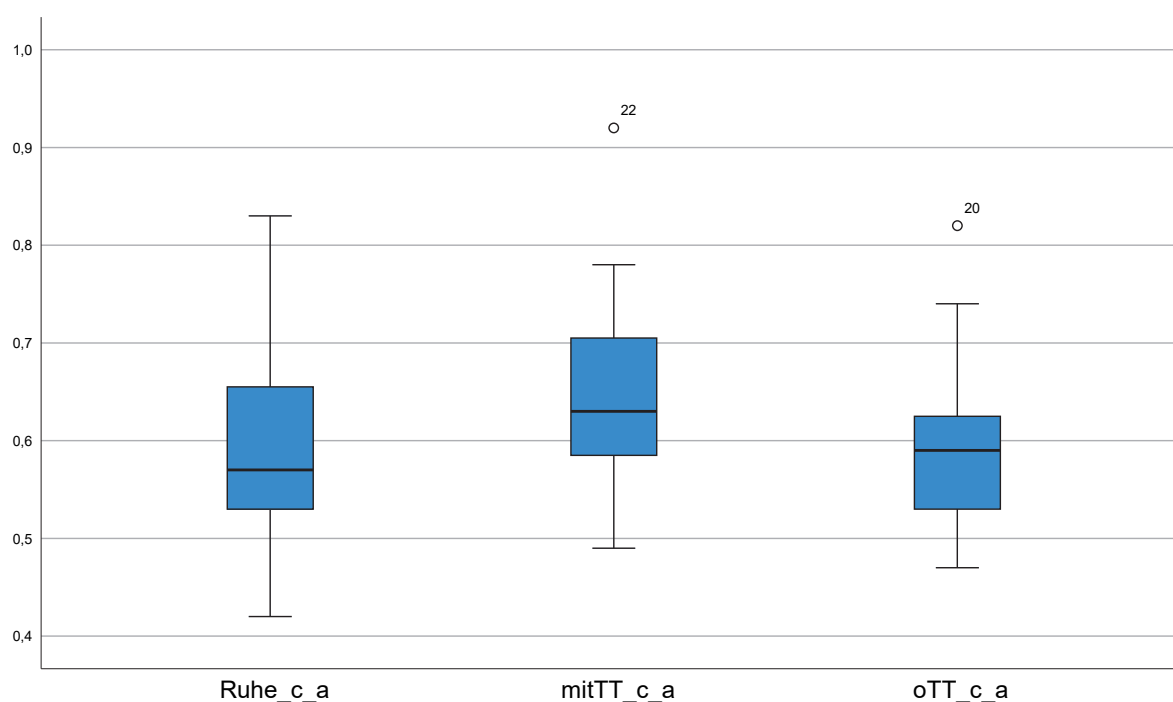


Abbildung 37: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot ($n = 31$).

Die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) in Ruhe (MW = 0,58, SD = 0,09; Tab. 36, Anhang) war kleiner, als die in Belastung mit Zungenband (MW = 0,64, SD = 0,10; Tab. 36, Anhang). Es ergab sich eine hohe Signifikanz: $t(30) = -4,24$, $p < 0,001$ (Tab. 36, Anhang). Es gibt keine signifikante Differenz ($t(30) = ,30$, $p < 0,768$; Tab. 36, Anhang) der durchschnittlichen Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) der Beobachtungsgruppe Ruhe (MW = 0,58; SD = 0,09; Tab. 36, Anhang), im Vergleich zur Beobachtungsgruppe Belastung ohne Zungenband (MW = 0,59; SD = 0,08; Tab. 36, Anhang). Die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) in Belastung mit Zungenband (MW = 0,64, SD = 0,10; Tab. 36, Anhang) war größer, als die in Belastung ohne Zungenband (MW = 0,59, SD = 0,08; Tab. 36, Anhang). Die Differenz war signifikant: $t(30) = 3,32$, $p < 0,002$ (Tab. 36, Anhang). Es konnte nachgewiesen werden, dass im Vergleich Ruhe vs. Belastung die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) mit der Belastung unter Anwendung des Zungenbandes größer wurde. Bei der Gegenüberstellung der Beobachtungsgruppen in Belastung konnte für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) festgestellt werden, dass sie mit Zungenbandanwendung größer ist als ohne (Abb. 37).

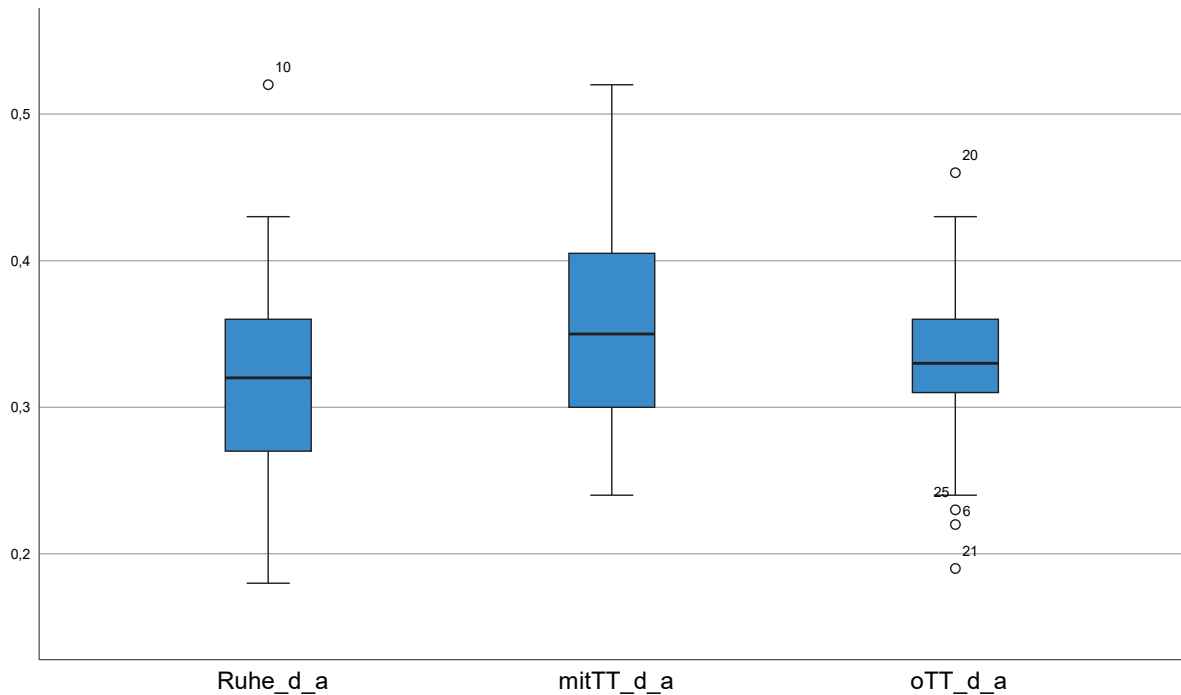


Abbildung 38: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) in Ruhe (MW = 0,31, SD = 0,07; Tab. 37, Anhang) war kleiner, als die in Belastung mit Zungenband (MW = 0,35, SD = 0,07; Tab. 37, Anhang). Die Differenz war signifikant: $t(30) = -3,37$, $p < 0,002$ (Tab. 37, Anhang). Es gab keine signifikante Differenz ($t(30) = -1,30$, $p < 0,203$; Tab. 37, Anhang) der durchschnittlichen Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) der Beobachtungsgruppe Ruhe (MW = 0,31; SD = 0,07; Tab. 37, Anhang), im Vergleich zur Beobachtungsgruppe Belastung ohne Zungenband (MW = 0,33; SD = 0,06; Tab. 37, Anhang). Des weiteren gab es keine signifikante Differenz ($t(30) = 1,92$, $p < 0,063$ (Tab. 37, Anhang) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) in Belastung mit Zungenband (MW = 0,35, SD = 0,07; Tab. 37, Anhang), im Vergleich zur Gruppe Belastung ohne Zungenband (MW = 0,33, SD = 0,06; Tab. 37, Anhang). Für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) konnte festgestellt werden, dass sie in Belastung mit Zungenband signifikant größer war als in Ruhe (Abb. 38).

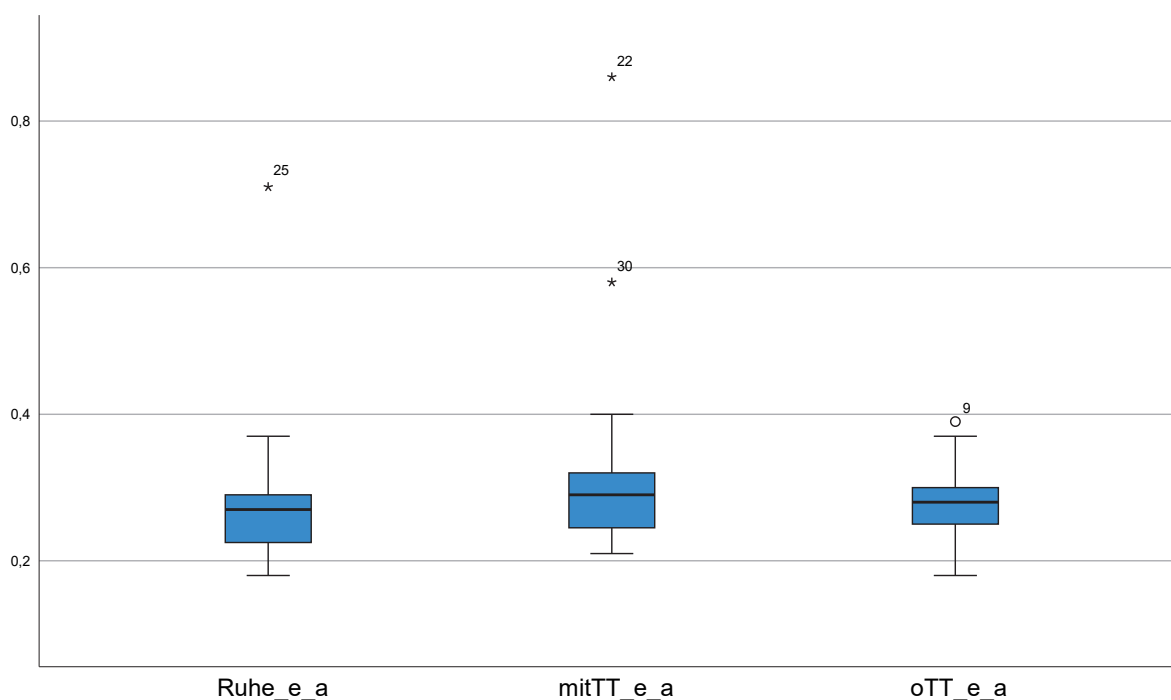


Abbildung 39: Vergleichende Darstellung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) (Y-Achse) für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 31).

Für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) in Ruhe (MW = 0,28, SD = 0,09; Tab. 38, Anhang) gab es im Vergleich zur Belastung mit Zungenband (MW = 0,31, SD = 0,12; Tab. 38, Anhang), keinen signifikanten Unterschied. Die Differenz war nicht signifikant: $t(30) = -1,24$, $p < 0,224$ (Tab. 38, Anhang). Es gab keine signifikante Differenz ($t(30) = -0,09$, $p < 0,930$; Tab. 38, Anhang) der durchschnittlichen Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) der Beobachtungsgruppe Ruhe (MW = 0,28; SD = 0,09; Tab. 38, Anhang), im Vergleich zur Beobachtungsgruppe Belastung ohne Zungenband (MW = 0,28; SD = 0,05; Tab. 38, Anhang). Auch der Vergleich der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) in Belastung mit Zungenband (MW = 0,31, SD = 0,12; Tab. 38, Anhang) zur Gruppe Belastung ohne Zungenband (MW = 0,28, SD = 0,05; Tab. 38, Anhang), ergab keine signifikante Differenz ($t(30) = 1,55$, $p < 0,132$ (Tab. 38, Anhang)). Somit konnte bei in keinem der verglichenen Paare ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Beobachtungsphasen festgestellt werden (Abb. 39).

4.15 Korrelationsanalyse der gepaarten Stichproben anhand der vier Parameter der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a, c/a, d/a, e/a) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Tabelle 18: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (b/a) & Belastung mit TT (b/a)	31	,653	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (b/a) & Belastung ohne TT (b/a)	31	,395	,014	,028
Paaren 3 Belastung mit TT (b/a) & Belastung ohne TT (b/a)	31	,498	,002	,004

Bei der Korrelationsanalyse der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) konnte ein mittelstarker positiver linearer Zusammenhang des Paares Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,653, $p < ,001$; Tab. 18) festgestellt werden. Die Korrelation war höchst signifikant. Nicht signifikant war der schwach positive, lineare Zusammenhang in der Vergleichsgruppe Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband, für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) (Korrelation = ,395, $p < ,028$; Tab. 18). Ein gering- bis mittelstarker, signifikanter, positiver, linearer Zusammenhang konnte für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a) für das Paar: Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,498, $p < ,004$; Tab. 18) erhoben werden.

Tabelle 19: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (c/a) & Belastung mit TT (c/a)	31	,667	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (c/a) & Belastung ohne TT (c/a)	31	,386	,016	,032
Paaren 3 Belastung mit TT (c/a) & Belastung ohne TT (c/a)	31	,493	,002	,005

Die einfache Korrelationsanalyse wies einen signifikanten, mittelstarken, positiven, linearen Zusammenhang für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) der Paare: Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,667, $p < ,001$; Tab. 19) und für das Paar: Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,493, $p < ,005$; Tab. 19) auf. Nicht signifikant war der schwach positive, lineare Zusammenhang in der Vergleichsgruppe Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband, für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) (Korrelation = ,386, $p < ,032$; Tab. 19).

Tabelle 20: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (d/a) & Belastung mit TT (d/a)	31	,664	<,001	<,001
Paaren 2 Ruhe (d/a) & Belastung ohne TT (d/a)	31	,499	,002	,004
Paaren 3 Belastung mit TT (d/a) & Belastung ohne TT (d/a)	31	,663	<,001	<,001

In der Korrelationsanalyse konnte für alle drei Paare der Beobachtungsgruppen [Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,664, $p < ,001$; Tab. 20), Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,499, $p < ,004$; Tab. 21) und Belastung mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband (Korrelation = ,663 $p < ,001$; Tab. 20)] ein signifikanter, mittelstarker, positiver, linearer Zusammenhang für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a) festgestellt werden .

Tabelle 21: Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) für die drei Beobachtungsgruppen Ruhe, mit Zungenband (TT) und ohne Zungenband (N = Gesamtzahl, p = Signifikanzniveau).

Korrelationen bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a)

	N	Korrelation	Signifikanz	
			Einseitiges p	Zweiseitiges p
Paaren 1 Ruhe (e/a) & Belastung mit TT (e/a)	31	,071	,353	,706
Paaren 2 Ruhe (e/a) & Belastung ohne TT (e/a)	31	,508	,002	,004
Paaren 3 Belastung mit TT (e/a) & Belastung ohne TT (e/a)	31	,188	,156	,312

In der Korrelationsanalyse konnte kein linearer Zusammenhang in der Vergleichsgruppe des Paares Ruhe vs. Belastung mit Zungenband (Korrelation = ,071, $p < ,706$; Tab. 21) für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) festgestellt werden. Für das Paar Ruhe vs. Belastung ohne Zungenband konnte ein mittelstarker, signifikanter, positiver, linearer Zusammenhang (Korrelation = ,508, $p < ,004$; Tab. 21) beobachtet werden. Nicht signifikant, war der schwach positive, lineare Zusammenhang in der Vergleichsgruppe mit Zungenband vs. Belastung ohne Zungenband, für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a) (Korrelation = ,188, $p < ,312$; Tab. 21).

4.16 Explorative Datenanalyse Vergleich der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) zwischen den Tieren ohne Befund und erkrankten Pferden (DDSP und RLN) für die Beobachtungsgruppen: Ruhe, Belastung mit und Belastung ohne Zungenband

Für diese Untersuchung wurde die Studienpopulation (n = 30) in drei neue Gruppen aufgeteilt ("ohne Befunde", "RLN" und "DDSP"). Anhand der Pharynx-Epiglottis-Ratio der einzelnen Gruppen wurden sie, vergleichend zu den drei Beobachtungsgruppen (in Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband), gegeneinander aufgeführt.

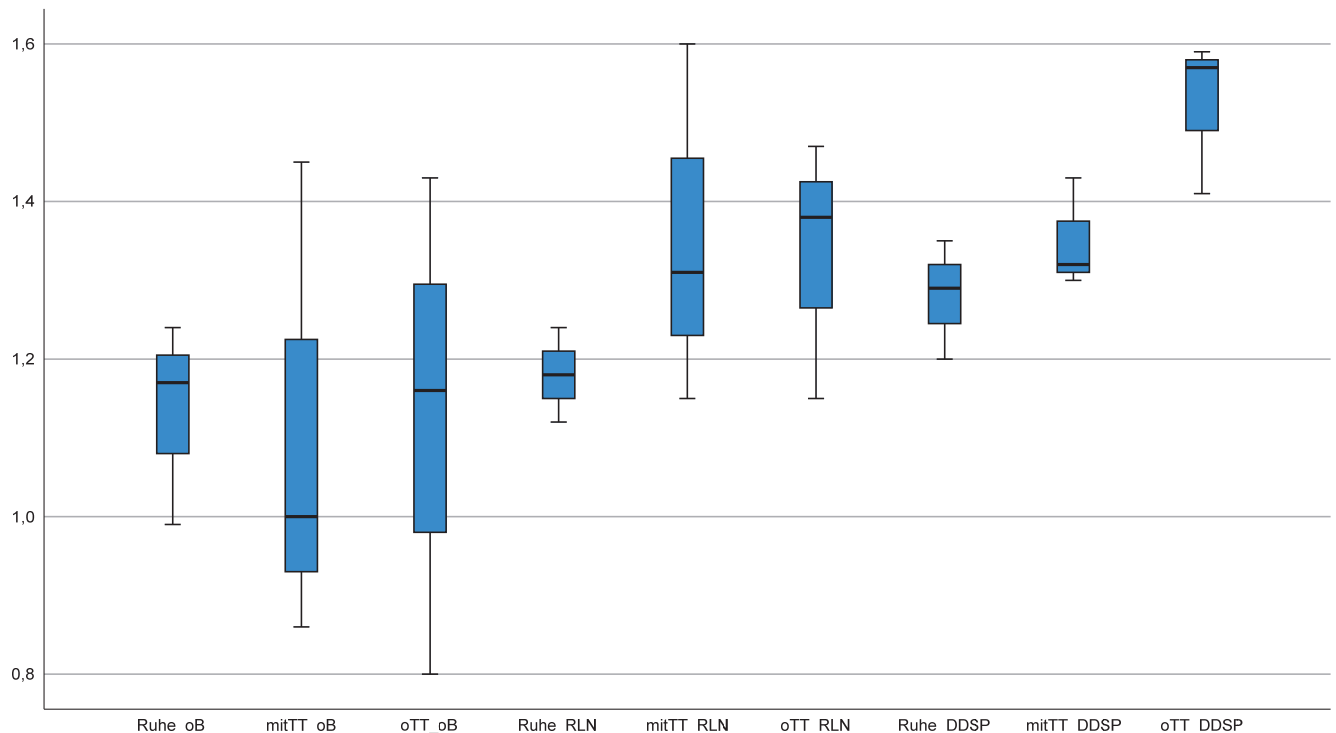


Abbildung 40: Vergleich der Pharynx-Epiglottis-Ratio (Y-Achse) von Pferden "mit RLN", "DDSP" und "Tieren ohne Befund" für die drei Beobachtungsgruppen (X-Achse) Ruhe, mit Zungenband (mitTT) und ohne Zungenband (oTT) im Boxplot (n = 30).

Der Vergleich der drei Beobachtungseinheiten (in Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) wurde anhand der PE-Ratio-Mittelwerte der Tiere "ohne Befunde", im Vergleich zu den Tieren die eine "RLN" oder einen "DDSP" aufwiesen, nur deskriptiv aufgeführt (Abb. 40). Eine statistische Testung wurde aufgrund der kleinen Fallzahlen nicht durchgeführt. Somit können nur zentrale Tendenzen beschrieben werden. In Ruhe war die PE-Ratio für alle Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,11, SD = 0,05, N = 19), (RLN: MW = 1,10, SD = 0,21, N = 8), (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4, N = 3)] kleiner, als im Vergleich zur Belastung mit Zungenband [(ohne Befund: MW = 1,12, SD = 0,06, N = 19), (RLN: MW = 1,18, SD = 0,11, N = 8), (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4, N = 3)] und in Belastung ohne Zungenband [(ohne Befund: MW = 1,26, SD = 0,07, N = 19), (RLN: MW = 1,27, SD = 0,11, N = 8), (DDSP: MW = 1,52, SD = 0,57, N = 3)] (Tab. 22, 23, 24). Der Vergleich der drei Beobachtungsgruppen der Tiere in Ruhe [(ohne Befund: MW = 1,11, SD = 0,05, N = 19), (RLN: MW = 1,10, SD = 0,21, N = 8), (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4, N = 3)] untereinander zeigt, dass Sie alle ähnliche PE-Ratios in Ruheposition haben. Die Pferde mit DDSP wiesen eine geringgradige Tendenz dazu auf, dass Ihr Mittelwert im Vergleich geringgradig größer war (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4, N = 3), als bei den anderen Tieren in Ruhe (Tab. 22).

Tabelle 22: Vergleich der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe in Ruhe.

Deskriptive Statistik Vergleich von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP in Ruhe

	N	Mittelwert	SD	SE	Varianz
Ruhe ohne Befund	19	1,1068	,04709	,20527	,042
Ruhe RLN	8	1,1000	,07447	,21065	,044
Ruhe DDSP	3	1,2800	,04359	,07550	,006

Im Vergleich zur Auswertung der Mittelwerte in Ruhe [(ohne Befund: MW = 1,11, SD = 0,05, N = 19), (RLN: MW = 1,10, SD = 0,21, N = 8), (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4, N = 3; Tab. 22)], war die mittlere Tendenz der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio bei Belastung mit Zungenband, bei allen drei Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,12, SD = 0,06), (RLN: MW = 1,18, SD = 0,11), (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4)] größer (Tab. 23).

Tabelle 23: Vergleich der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe mit Zungenband.

Deskriptive Statistik Vergleich von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP in Belastung mit Zungenband

	N	Mittelwert	SD	SE	Varianz
Belastung mit TT ohne Befund	19	1,1158	,06378	,27802	,077
Belastung mit TT RLN	8	1,1750	,10507	,29718	,088
Belastung mit TT DDSP	3	1,3500	,04041	,07000	,005

Innerhalb der Belastungseinheit mit Zungenband (Tab. 23) war die Pharynx-*Epiglottis*-Ratio bei den Tieren ohne Befund tendenziell kleiner (MW = 1,12, SD = 0,06, N = 19; Tab. 23), als bei den Tieren die eine RLN hatten (MW = 1,18, SD = 0,11, N = 8; Tab. 23), während bei den Pferden mit einem DDSP (Abb. 41), tendenziell die größte Pharynx-*Epiglottis*-Ratio während

des Trainings mit Zungenband ermittelt werden konnte (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4, N = 3; Tab. 23)

Tabelle 24: Vergleich der Pharynx-*Epiglottis*-Ratio von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP (n = 30) für die Beobachtungsgruppe ohne Zungenband.

Deskriptive Statistik Vergleich von gesunden und Pferden mit RLN bzw. DDSP in Belastung ohne Zungenband

	N	Mittelwert	SD	SE	Varianz
Belastung ohne TT ohne Befund	19	1,2600	,07343	,32009	,102
Belastung ohne TT RLN	8	1,2650	,10930	,30915	,096
Belastung ohne TT DDSP	3	1,5233	,05696	,09866	,010

Die mittlere Pharynx-*Epiglottis*-Ratio in der Belastungseinheit ohne Zungenband (Tab. 24) war in allen drei Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,26, SD = 0,07, N = 19), (RLN: MW = 1,27, SD = 0,11, N = 8), (DDSP: MW = 1,52, SD = 0,57, N = 3)] tendenziell größer, als in den Belastungseinheiten Ruhe (Tab. 22) und Belastung mit Zungenband (Tab. 23). Im Vergleich der Beobachtungsgruppen untereinander (ohne Befund, RLN und DDSP) zeigt sich die Tendenz, dass in allen drei Belastungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) die Mittelwerte der Tiere mit DDSP vergleichsweise größer waren, als bei den Tieren mit RLN und den Tieren ohne Befunden (DDSP>RLN>ohne Befund: Abb. 40, Tab. 23, 24, 25).

5. Diskussion

5.1 Diskussion der Methode

5.1.1 Studienpopulation

Die vorliegende Studie wurde in einem prospektiven, randomisierten Crossover-Design durchgeführt. Die belastungsendoskopischen Ergebnisse der Pferde wurden in drei Belastungsphasen miteinander verglichen („in Ruhe“, „in Belastung mit“ und „in Belastung ohne Zungenband“). Dieses Studiendesign ermöglicht eine Reduktion der Variabilität (MANGOLD, 2011). Der Effekt des Zungenbandes wird innerhalb jedes Pferdes analysiert, hierdurch kann eine verlässliche Aussage anhand einer geringen Patientenzahl getroffen werden (MANGOLD, 2011). Ein Nachteil dieses Studiendesigns ist, dass nach der ersten Behandlung eine mögliche verzögerte Nachwirkung der vorangegangenen „Behandlung“ auf die „Folgebehandlung“ auftreten kann (MANGOLD, 2011). Um diesen Effekt auszuschließen wurden die Standbilder der zwei Beobachtungsphasen in Belastung "mit/ohne Zungenband" erst im letzten Drittel der Maximalbelastungsphase extrahiert. Dieses Design erfordert allerdings eine Randomisierung, um die Repräsentativität und Vergleichbarkeit der Stichproben zu erhöhen (MANGOLD, 2011). In der vorliegenden Studie war es aus sicherheitstechnischen Gründen nicht möglich, die Reihenfolge der Untersuchungsdurchführung für die zwei Belastungsgruppen "in Belastung mit Zungenband" und in "Belastung ohne Zungenband", zu randomisieren. Die Belastung ohne Zungenband erfolgte immer unmittelbar der Belastung mit Zungenband. Durch dieses Vorgehen entsteht ein ungewollter systematischer Zufallsfaktor (Bias). Die Gruppe "ohne Zungenband" war der Belastung länger ausgesetzt (erst mit TT, dann ohne TT) als die Gruppe "mit Zungenband". Dies kann zu einer ungewünschten Verzerrung der Ergebnisse führen. Denn ein weiterer Einflussfaktor auf die Studie ist, dass laut einer aktuellen Studie bei der Entstehung der dorsalen Verlagerung des weichen Gaumensegels, die *thyreoideale* Muskulatur übermüdet (CERCONE et al., 2019). Durch das Verzichten auf die Randomisierung ist es möglich, dass die Befunde der Belastungsgruppe "mit Zungenband" falsch negativ sein könnten und die der Belastungsgruppe "ohne Zungenband" falsch positiv sein könnten, weil die Probanden der Beobachtungsgruppe "ohne Zungenband" einer längeren Belastungszeit ausgesetzt waren, als umgekehrt. Eine zufällige Festlegung der Reihenfolge der Belastungsphasen "in Belastung mit/ohne Zungenband" wäre methodisch besser gewesen. Es wurde bewusst darauf verzichtet, weil das Anlegen eines Zungenbandes beim Rennpferd, dass aus der Maximalbelastung angehalten wurde, ein schwieriges und gefährliches Unterfangen für die ausführende Person war. Zum Schutz der ausführenden Person wurde das Zungenband nach

dem anhalten, durch den Reiter vom Pferd aus entfernt und die zweite Beobachtungsphase (ohne Zungenband) konnte sich anschließen. In der vergangenen Literatur wurden unterschiedliche Studiendesigns verwendet um den Effekt des Zungenbandes zu eruieren. Vier andere Studien verwendeten ebenfalls ein randomisiertes Crossover Design zur Prüfung des direkten Einflusses des Zungenbandes auf die Stellung des Zungenbeines und auf die Strömungs- und Druckverhältnisse der oberen Atemwege (CORNELISSE et al., 2001 a und b), die Atemmechanik der oberen Atemwege (BEARD et al., 2001) und die Verhaltensweisen und physiologischen Stressparameter der Pferde (MARSH et al., 2019). Die restlichen Studien zum Zungenbandenfluss verwendeten andere Studiendesigns. FRANKLIN et al. (2002) führten eine Fall-Studie durch, um den Einfluss von Zungenbändern an DDSP-erkrankten Tieren zu untersuchen. Die Fallserie/Studie beschreibt für eine Reihe von Patienten mit vergleichbarer gesundheitlicher Beeinträchtigung seine Problemstellung und den qualitativen Therapieverlauf (MANGOLD, 2011). CHALMERS et al. (2013) untersuchten den Einfluss des Zungenbandes mittels Ultraschall in einem experimentellen Studiendesign. Hierbei wird das Problem unter einer künstliche herbeigeführten Situation untersucht. Zwei weitere Studien (BARAKZAI et al., 2009b, NOSCHKA et al., 2021) verwendeten eine retrospektive Kohortenstudie, um die Prävalenz des Zungenbandeinsatzes in der Rennpferdepopulation zu ermitteln. Eine Kohorte ist eine Gruppe von Probanden, mit einer oder mehreren gemeinsamen Eigenschaften (MANGOLD, 2011). Kohortenstudien beziehen sich auf diese gemeinsamen Eigenschaften je nach Fragestellung beispielsweise auf ein Behandlungsprogramm (MANGOLD, 2011) oder wie im Falle von NOSCHKA et al. (2021) wurde die Anwendungshäufigkeit des Zungenbandes durch Trainer während des Rennens dokumentiert. Kohortenstudien mit Kontrollgruppen vergleichen mindestens zwei Kohorten miteinander (MANGOLD, 2011). Der Unterschied zur randomisierten Crossover Studie besteht darin, dass der Studienleiter die Probanden nicht per Zufallsverfahren den zwei Gruppen zuteilt, denn die Eigenschaften, auf welchen die Zuordnung basiert, sind entweder bereits vorhanden (zum Beispiel bei einer retrospektiven Studie) oder werden durch körperliche Eigenschaften der Probanden beeinflusst (MANGOLD, 2011). Im Falle von BARAKZAI et al. (2009b) wurde die Gesamtprävalenz der Zungenbandanwendung und die Anwendungshäufigkeit bei Pferden mit konservativer Therapie vor und nach chirurgischer Therapie verglichen. Eine weitere Studie zum Zungenbandeinsatz verwendete als Studiendesign die Fall-Kontroll-Studie (BARAKZAI und DIXON, 2005). Fall-Kontroll-Studien dienen dazu, mögliche Ursachen gesundheitlicher Beeinträchtigungen herauszufinden. Dieses Studiendesign vergleicht Probanden (in dieser Studie, anhand der Gewinnsumme), welche eine definierte Gesundheitsbeeinträchtigung haben (in dieser Studie, Tiere mit DDSP), mit solchen ohne diese Beeinträchtigung (in dieser Studie, klinisch gesunde Tiere) (MANGOLD, 2011). Aktuellere Studien verwenden hauptsächlich die Fragebogenstudie, um

die Einflüsse des Zungenbandes auf das Tierwohl zu erfragen (WELLER et al., 2013; BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019). Ein Vorteil dieser Studienmethode ist neben der Erfassung objektiver Gegebenheiten, die Erfassung von Meinungen und Einstellungen. Der Nachteil ist, man erhält nur subjektive Informationen und Zielpersonen können die Teilnahme verweigern und so die Repräsentativität der Ergebnisse gefährden. Eine letzte Studie bewertete mit einem Gremium den Einfluss (unter Verwendung eines Modells zur Bewertung des Wohlbefindens von Pferden durch Fachleute aus dem Bereich des Tierschutzes) der wahrgenommenen Schäden, die sich aus 116 angewendeten Interventionen an Pferden ergaben (unter anderem auch der Zungenbandanwendung) (MC GREEVY et al., 2018). Ergebnisse solcher Studien sind zum Teil sehr subjektiv, obwohl durch ein Gremium die Meinung der Teilnehmer objektiviert wird. Trotzdem wird hier ein eher indirekter, angenommener Einfluss des Zungenbandes auf das Tierwohl indirekt untersucht. In nachfolgenden Untersuchungen sollte je nach Fragestellung ein Studiendesign gewählt werden, welches eine hohe Aussagekraft und Evidenz hat, zum Beispiel die randomisiert kontrollierte Studie. Diese stellt den Goldstandard dar, wenn es um die Überprüfung der Wirksamkeit therapeutischer Interventionen geht (MANGOLD, 2011). In der vorliegenden Arbeit bestand die Studienpopulation aus zwei Nutzungsgruppen (Traber- und Vollblut/Galopprennpferde) die zum Zeitpunkt der Untersuchung aktiv im Rennsport eingesetzt wurden. Insgesamt wurden 38 Rennpferde mit einer Anamnese von Atemgeräuschen oder Leistungsinsuffizienz im Alter von zwei bis acht Jahren untersucht. Die meisten Studien mit ähnlichem Studiendesign begutachteten eine viel kleinere Anzahl von Probanden. FRANKLIN et al. (2002) untersuchten ebenfalls Vollblutpferde mit schlechter Leistung in Verbindung mit abnormalen Atemgeräuschen, allerdings nur sechs Tiere (mittleres Alter $4,5 \pm 1,1$ Jahre). BEARD et al. (2001) untersuchten den Zungenbandeinfluss an sechs Trabern nach erfolgter Sternothyroidmyektomie. Die anderen Forschungsarbeiten wählten als Probanden für ihre Untersuchungen hauptsächlich Trabrennpferde, die klinisch gesund waren: CORNELISSE et al. (2001 a und b) erforschten jeweils fünf adulte Traber, CHALMERS et al. (2013) und MARSH et al. (2019) ermittelten aus 12 gesunden Trabrennpferden ihre Datenerhebungen. Dies könnte an den unterschiedlichen Fragestellungen oder unter anderem daran liegen, dass DDSP zwar eine häufige Erkrankung der oberen Atemwege ist (Prävalenz von 10–20 % bei leistungsdepressiven Rennpferden und eine häufige Ursache für Atemwegsobstruktionen, PARENTE et al., 2002; FRANKLIN et al., 2006; LANE et al., 2006; PRIEST et al., 2012). aber eine adäquate Probandanzahl mit der Erkrankung zu finden (Prävalenz der Rennpferdegesamtpopulation 1 bis 6,5 %, FRANKLIN et al., 2002) und dessen Besitzer oder Trainer von einer Studienteilnahme zu überzeugen, gestaltet sich schwieriger, als gesunde Pferde mit einzubeziehen. Bezogen auf die bisherigen kleineren Fallzahlen könnte der Grund dafür der große apparative, administrative, personelle, zeitliche und kostentechnische

Aufwand für die Untersucher und deren Probanden sein. Damit war die vorliegende Arbeit die erste mit einer größeren Anzahl an Probanden, die einen Einfluss auf funktionell-anatomische Größendimensionen des Pharynxdiameters und der Larynxöffnungsfläche an bereits vorberichtlich beeinträchtigten Tieren direkt endoskopisch am Pferd untersuchte. Als nachteilig ist zu bewerten, dass die Traber aufgrund ihrer geringen Tierzahl ($n = 8$) in dieser Arbeit unterrepräsentiert sind. In nachfolgenden Untersuchungen sollten möglichst große Fallzahlen in gleichmäßiger Verteilung der Nutzungsgruppen vertreten sein. Die retrospektiven Kohorten- und Fragebogenstudien konnten eine sehr viel größere Anzahl an Tieren zur Fragestellung analysieren, als die vorliegende Arbeit, da sie bereits vorhandene Daten auswerteten. Die Daten konnten zudem unabhängig von den Tieren erfasst werden, da sie von den Trainern erfragt wurden. Die Einflüsse der Zungenbandanwendung wurden in der Arbeit von BARTON et al. (2019) von insgesamt 581 Rennpferden (499 Vollblüter und 82 Trabrennpferde mit einem Alter von zwei bis über fünf Jahren) erfragt. In den Arbeiten von BARAKZAI und DIXON (2005) wurden 31 konservativ behandelte Vollblutrennpferde (mit DDSP) und mit 62 Kontrollpferde anhand der Rennaufzeichnungen verglichen. Bei BARAKZAI et al. (2009 a) wurden die individuellen Renndaten von 108 Vollblütern einbezogen, um den Einfluss der Zungenbandanwendung auf die Gewinnsummen zu ermitteln. NOSCHKA et al. (2021) ermittelten die Zungenbandanwendungsprävalenz von 62.377 Rennpferden aus den australischen Renndatenbanken. Die hohen Probandenzahlen, die durch Fragebogenumfragen und die retrospektive Analyse der Datenbanken erfolgt, führt zu sehr viel höheren Studienteilnehmeranzahlen als in unserer Arbeit. Der Vorteil ist, dass die Stichprobengröße so sehr viel größer ist und damit mögliche Effekte besser bewiesen werden können, als bei den kleineren Fallzahlen unserer Studie. Die Qualität der Daten ist aber zum Teil eventuell schlechter, da in den Datenbanken vermutlich nicht ausführlich der Grund der Zungenbandanwendung vermerkt wird. Bei der Probandenanzahl-Kalkulierung zukünftiger Studien sollte deshalb am besten während der Studienplanung bereits eine Power-Analyse durchgeführt werden, um abzuschätzen, wie viele Probanden für die Durchführung der Studie nötig sind, um eine festgelegte statistische Aussagekraft für das gewählte Studiendesign zu erreichen.

5.1.2 Zungenband

In der vorliegenden Untersuchung wurde bei allen Probanden eine elastische flexibel zuschneidbare „meproFlex“-Fixierbinde (Horseguard®, Verbandsstoffe, bela pharm) als Zungenband verwendet. In der Literatur werden unterschiedliche Materialien für die Zungenbandanwendung empfohlen. Gummi-, Kunststoff-, Lederbänder, Nylonstrümpfe oder ähnliche Materialien dienen dazu, die Zunge nachdem das Zungenband um diese geschlungen wird, unterhalb des Kiefers zu befestigen (MARSH et al., 2019). CORNELISSE

et al. (2001 b) verwendeten in ihrer Studie ebenfalls eine elastische Gaze-Bandage, um die Zunge zu fixieren. FRANKLIN et al. (2002) verwendeten ein Stoffband, welches über die Zunge (auf Höhe des Frenulums) gelegt wurde und unter dem Kiefer mit einem Klettband auf Höhe des Zahnzwischenraums festgezogen wurde. CHALMERS et al. (2013) wollten vor allem die typische Anwendung des Zungenbandes während des Renntrainings von Trabern nachahmen und verwendeten flexibles Nylon, das so nah wie möglich an der Zungenbasis um diese geschlungen und ventral der Unterkiefer befestigt wurde. In einer aktuelleren Verhaltensstudie verwendeten die Autoren MARSH et al. (2019) ein Gummiband (152 Millimeter × 15 Millimeter). Ein Einfluss des Zungenbandmaterials wurde bisher in keiner Studie berücksichtigt. Zungenbänder aus Leder oder Kunststoff mit Klett (FRANKLIN et al., 2002) sind eventuell stabiler und geben weniger nach, als die in dieser Arbeit verwendete elastische Gaze (CORNELISSE et al., 2001 b), Nylon (CHALMERS et al., 2013) oder Gummibänder (MARSH et al., 2019). Eine Ursache dieser Materialvielfalt könnte sein, dass bisher nur die Mindestmaßbestimmungen des Zungenbandes geregelt wurden. Australiens „Racing Register of approves Gear“ legte eine Breite von 1,5 Zentimetern für die Nutzung von Zungenbändern fest (MARSH et al., 2019). Die Materialauswahl wird in deutschen Regelwerken nur mäßig eingeschränkt. Die Durchführungsbestimmung für zulässige Ausrüstungsgegenstände gem. § 76 Abs. 4 der Trabrennordnung lässt als Zungenband ein weiches, wenig elastisches Band zu, das mindestens 1,5 Zentimeter breit ist. Es sollte einen Schlitz zum Durchstecken der Zunge aufweisen. Der Verschluss kann mit einer Schnalle oder einem Klettverschluss erfolgen. Dunkle Baumwollbandagen sind ebenfalls zugelassen. (Hauptverband für Traberzucht e. V.). Der Einfluss der Zungenbandmaterialbeschaffenheit könnte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen werden, vor allem im Hinblick auf den Tierschutz, da ein weniger elastisches Material eventuell größere Schäden am Gewebe verursachen kann. Der Einsatz des Zungenbandes wurde im Jahr 2004 von der Fédération Equestre Internationale (FEI) in den meisten Disziplinen verboten (FEI General Assembly, 2004). Trotzdem ist die Anwendung des Zungenbandes im Rennsport weiterhin sehr verbreitet (CHALMERS et al., 2013). In Deutschland wurde die Anwendung des Zungenbandes im Juni 2018 für Vollblüter verboten, ist aber im Trabrennsport weiterhin erlaubt. (Deutscher Galopp e.V., 2018; BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019). Diese Tatsache sollte Anlass zu weiteren Studien im Hinblick auf den Tierschutz während der Anwendung des Zungenbandes geben. Es gilt zu prüfen, ob die Zungenbandanwendung beim Traber gerechtfertigt ist. Weitere Studien könnten die Anwendungshypothesen für das Zungenband im Trabrennsport evaluieren und so möglicherweise dazu führen, dass sich der Trabrennsport dem Deutscher Galopp e.V im Interesse des Tierwohls anschließt.

5.1.3 Overgroundendoskopie

Dies ist die erste Forschungsarbeit, die den Einfluss des Zungenbandes auf die oberen Atemwege mittels Overgroundendoskopie direkt während des Renntrainings im Trainingsstall vor Ort ermittelt. Die Overgroundendoskopie bietet gegenüber der Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie den Vorteil, dass das Pferd nicht zu einem Überweisungszentrum transportiert werden muss und unter normalen Trainingsbedingungen trainiert werden kann (FRANKLIN et al., 2008; DESMAIZIERES et al., 2009; POLLOCK und REARDON, 2009). Somit konnte in kürzerer Zeit und mit einem verhältnismäßig geringem Kostenaufwand eine größere Zahl an Patienten untersucht werden, was die statistische Aussagekraft der Arbeit verbesserte. Da die zu untersuchende Patientenpopulation bereits eine Anamnese bezüglich Atemgeräuschen und Leistungsverlust unter genau diesen Trainingsbedingungen aufwies, war zu erwarten, dass die Pathologien der oberen Atemwege mittels Overgroundendoskopie gut diagnostizierbar sein sollten. Die anderen Forschungsarbeiten, die den direkten Zungenbandeinfluss am Tier untersucht hatten, führten ihre belastungsendoskopischen Untersuchungen auf dem Laufband durch (FRANKLIN et al., 2002; CORNELISSE et al., 2001 a; BEARD et al., 2001). Die Hochgeschwindigkeitslaufbandendoskopie ist seit 20 Jahren der Goldstandard für die Diagnose von DDSP und palatinaler Instabilität (KANNEGIETER und DORE, 1995; TAN et al., 2005; LANE et al., 2006 a, b). Die Overgroundendoskopie bietet eine alternative Methode zur Visualisierung der oberen Atemwege während des Trainings (FRANKLIN et al., 2008; DESMAIZIERES et al., 2009; POLLOCK et al., 2009). Overgroundendoskopische Betrachtungen sind jedoch in der Regel nicht standardisiert, was ebenfalls zu einer erheblichen Variabilität der Ergebnisse führen kann (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Befürworter der Overgroundendoskopie behaupteten, dass sie eine bessere Diagnosemethode für obere Atemwegeerkrankungen ist, als die Laufbandendoskopie. Dafür gibt es jedoch noch keine stichhaltigen Beweise (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Die Studien, die beide Methoden direkt miteinander (ALLEN und FRANKLIN, 2010 mit $n = 4$ und VAN ERCKE-WESTERGREN et al., 2009 mit $n = 18$) verglichen, berichteten beide, dass ein DDSP bei den selben Pferden während der Laufbandendoskopie häufiger diagnostiziert wurde, als mit der Overgroundendoskopie während des realen Trainings. Eine falsch negative Diagnose könnte möglicherweise durch eine unzureichende Trainingsintensität während der overgroundendoskopischen Untersuchung begründet sein (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Bei der Entstehung der dorsalen Verlagerung des weichen Gaumensegels wurde in einer aktuellen Studie beobachtet, dass die *thyreoideale* Muskulatur übermüdet (CERCONE et al., 2019). Während der Belastung scheint die wesentliche Funktion der *thyreoidealen* Muskulatur darin zu bestehen, den Kehlkopf nach rostral und dorsal zu ziehen (CERCONE et al., 2019), um dem trachealen Zug entgegenzuwirken und ein Absinken des Kehlkopfes zu verhindern. 1993 vertraten DUGDALE

und GREENWOOD den Standpunkt, dass die Fixierung der Zunge durch ein Zungenband ein Zurückziehen der selbigen verhindert und durch die anatomische Verbindung über das Zungenbein mit dem Kehlkopf damit die kaudale Bewegung des Kehlkopfes verhindert. Laut HEFFRON et al. (1979) induziert das Zurückziehen des Larynx nach kaudal das Auftreten einer Dorsalverlagerung des weiches Gaumensegels. Folglich kann dann eine nicht ausreichende Ermüdung während der Belastungsendoskopie zu einem „Verpassen“ vom klinischen DDSP führen. Aufgrund dessen, dass in dieser Studie die Overgroundendoskopie zur Auswertung verwendet wurde, ist es möglich, dass hier die erhobenen Ergebnisse falsch negativ sein könnten. Dies könnte dazu geführt haben, dass Patientenbefunde, aufgrund einer nicht ausreichenden Ermüdung, verpasst wurden. Da es in der Vergangenheit schwierig war, Standardtestprotokolle für die Overgroundendoskopie zu entwickeln (ALLEN und FRANKLIN, 2010), wird für zukünftige Forschungszwecke die Laufbandendoskopie die Methode der Wahl bleiben (BARAKZAI und CHEETHAM, 2012). Die restlichen Studien zur Zungenbandauswirkung wurden in Ruhe mittels Ultraschall (CHALMERS et al., 2013), Messungen von physiologischen Labor- und Verhaltensparametern (MARSH et al., 2019) oder anderen bildgebenden Methoden, wie der computertomographischen Untersuchung in Anästhesie (CORNELISSE et al., 2001 b), am Pferd durchgeführt. Solche Untersuchungsmethoden stellen einen belastenden Ansatz für die Probanden dar und sind auch in zukünftigen Forschungen Spezialeinrichtungen vorbehalten, welche diesen apparativen und personellen Aufwand leisten können.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Häufigkeit der Zungenbandanwendung

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 38 Rennpferde untersucht. 18 Vollblüter kannten die Anwendung des Zungenbandes zuvor nicht und trugen in der Studie zum ersten Mal ein Zungenband. Damit lag die für diese Studiengruppe ermittelte Prävalenz der bisherigen Zungenbandanwendung bei 52,6 %. Die Prävalenz der Verwendung von Zungenbändern, die anhand von 60 zufällig ausgewählten Rennveranstaltungen (n = 180) im Vereinigten Königreich zwischen 2001 und 2003 berechnet wurde, lag bei 5 % (BARAKZAI et al., 2009 b) und ist im Vergleich zu unserer Arbeit sehr niedrig. Dies könnte daran liegen, dass in unserer Studienpopulation die Pferde eine Anamnese von Leistungsinsuffizienz und Atemgeräuschen hatten, was dazu geführt haben könnte, dass ein größerer Anteil der Rennpferde unserer Studie bereits eine Zungenbandanwendung kannten. Von den Rennpferden der Studie von BARAKZAI et al. (2009b), die an einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels erkrankt waren, liefen 39 % der Pferde vor einem chirurgischem Eingriff (Tie-forward) mit Zungenband und postoperativ wurde bei 41 % der operierten Rennpferde ein Zungenband

eingesetzt (BARAKZAI et al., 2009 b). Diese Prävalenz entspricht eher unseren ermittelten Werten. In deutschen Rennpopulationen konnten in einer aktuellen Fragebogenumfrage (vor dem Zungenbandverbot) die Daten von insgesamt 581 trainierte Rennpferde ausgewertet werden (499 Vollblüter und 82 Traber). Es konnte eine Anwendungsprävalenz von 17,2 % des Zungenbandes im Training festgestellt werden (BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019). Davon nahmen 133 auch an internationalen Rennen teil, die Prävalenz lag dort bei 19,3 %, die mit Zungenband gestartet wurden (BARTON et al., 2019; LINDENBERG, 2019). Damit liegt sie unter der von uns ermittelten Prävalenz in dieser Studie und über der von BARAKZAI et al. (2009 b) ermittelten Prävalenz. Vermutlich aus ähnlichen Gründen wie bereits beschrieben. In einer australischen Fragebogenumfrage unter 112 Rennpferdetrainern gaben 62,5 % (n = 70) der Rennpferdetrainer an, Zungenbänder zu verwenden (WELLER et al., 2021). Der Vergleich mit den Fragebogenstudien ist hier aber mit Vorsicht zu interpretieren, da nur in der Arbeit von BARAKZAI et al. (2009 b) die Fälle randomisiert wurden und es durch die Befragungen zu Verzerrungen der Datenerhebung kommen könnte. In der deutschen Rennpopulation waren die Traber aufgrund der geringen Anzahl unterrepräsentiert. Da mittlerweile in Deutschland die Anwendung von Zungenbändern nur noch im Trabrennsport erlaubt ist, sollten zukünftige Studien dieser Studienpopulation gewidmet werden, um auch hier den Einsatz kritisch im Hinblick auf das Tierwohl bewerten zu können.

5.2.2 Zungenbandeinfluss auf obere Atemwegspathologien

In der vorliegenden Studie konnte bei 4 Rennpferden ein DDSP diagnostiziert werden (4 von 38). In dieser kleinen Studienpopulation trat das DDSP 3-mal häufiger mit Zungenbandanwendung auf als ohne. Der prozentuale Anteil für das Auftreten eines DDSPs ohne Zungenband lag hier bei 3,3 %. Drei der vier Tiere, die ein DDSP aufwiesen, kannten das Zungenband vorher nicht. Von den insgesamt vier beobachteten DDSPs wurde dreimal der Grad II (habituell in Ruhe) diagnostiziert (Abb. 27). Die Gaumensegelverlagerung trat bei diesen Tieren in Ruhe, nach dem Anlegen des Zungenbandes auf. Bei der Beurteilung dieses Ergebnisses sollte berücksichtigt werden, dass die Verlagerung des weichen Gaumensegels auch als Abwehrreaktion auf das Zungenband entstanden sein könnte. Die Unterscheidung gestaltet sich recht schwierig. Hier könnte eine Folgestudie die Probanden in zwei Gruppen aufteilen. Anhand eines Vergleichs der Tiere die bereits an das Zungenband adaptiert sind, mit Tieren die es zum ersten Mal tragen, könnte man diesen Faktor besser bewerten. Bei einem Pferd wurde der Grad I, habituell belastungsinduziert (nach OHNESORGE, 1998, Tab. 6) diagnostiziert. Dieses Pferd trug während der maximalen Belastung kein Zungenband, als die Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels auftrat. DDSP ist die häufigste Obstruktion der oberen Atemwege bei Vollblut- und Trabrennpferden mit einer Prävalenz von 10–20 % (PARENTE et al., 2002; FRANKLIN et al., 2006; LANE et al., 2006; DUCHARME, 2006;

POLLOCK et al., 2009; PRIEST et al., 2012). Diese Prävalenz ist vergleichbar mit unserer Studienpopulation (10,5 %, 4/38 Pferde), die wegen Belastungsinsuffizienz und Atemgeräuschen bei anstrengender Belastung vorgestellt wurden. Bezogen auf die Gesamtpopulation der Rennpferde wird eine geringere Prävalenz von 1 bis 6,5 % vermutet (FRANKLIN et al., 2002). In der vorliegenden Studie konnte kein positiver Effekt des Zungenbandes zur Verhinderung von DDSP festgestellt werden. Die Wirksamkeit und der genaue Mechanismus des Zungenbandes zur Verhinderung des Auftretens einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumens ist in der Literatur umstritten (BEARD et al., 2001; FRANKLIN et al., 2002; CHALMERS et al., 2013; BARAKZAI et al., 2009; ALLEN et al., 2012) und es gibt nur recht wenige Arbeiten zu diesem Thema, mit widersprüchlichen Ergebnissen. Folgende Studien konnten auch keinen Einfluss des Zungenbandes feststellen: in der Studie von FRANKLIN et al. (2002) konnte der Einsatz des Zungenbandes bei lediglich zwei von sechs an DDSP erkrankten Vollblutpferden das Auftreten eines DDSP während der Laufbandbelastung verhindern. Die Zungenbandanwendung führte zu keiner Veränderung der Laufzeit bis zur Ermüdung oder der gemessenen Atemvariablen und verbesserte die Ventilation nicht (FRANKLIN et al., 2001). CORNELISSE et al., (2009 a) ermittelte die Auswirkung des Zungenbandes auf die Mechanik der oberen Atemwege bei fünf gesunden Trabrennpferden unter Laufbandbelastung. Der inspiratorische und expiratorische Tracheal- und Pharyngealdruck sowie der Luftstrom wurden gemessen, während die Pferde mit und ohne Zungenband auf dem Laufband liefen. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf den inspiratorischen oder expiratorischen Tracheal- oder Pharyngealwiderstand, den Spitzendruck, den expiratorischen Spitzenfluss, das Tidalvolumen, die Atemfrequenz oder die Minutenventilation festgestellt werden. Das Anlegen eines Zungenbands verbesserte bei klinisch gesunden Pferden nicht die Mechanik der oberen Atemwege. In der zweiten Studie untersuchte CORNELISSE et al. (2001 b) die Auswirkung der Zungenprotrusion durch Zungenbandanwendung auf die Dimensionen des Zungenbeinapparates, des Nasopharynx und des Oropharynx bei fünf anästhesierten Trabrennpferden. Die Pferde wurden unter Vollnarkose in zwei aufeinander folgenden Computertomographien (CT) mit und ohne Zungenband untersucht. Die dorsoventrale Länge des Zungenbeinapparats, die Winkel des *Basisphenoids*, des *Basihyoids* und des *Ceratohyoids* wurden auf dreidimensional rekonstruierten CT-Bildern gemessen. Es konnte kein Einfluss auf die Position des Zungenbeinapparats oder die Abmessungen des Nasopharynx oder Oropharynx festgestellt werden. Somit konnte nicht bewiesen werden, dass die Zungenbandanwendung die Stabilität und Durchgängigkeit der nasopharyngealen oder orolaryngealen Atemwege bei Pferden während des Rennens erhalten kann (CORNELISSE et al., 2001 b). Dabei sollte berücksichtigt werden, dass sich durch eine Anästhesie auch die Nasopharynxmuskulatur entspannt und die Aussagekraft der gemessenen Dimensionen

vielleicht nicht eins zu eins auf den Wachzustand übertragen lassen. In der Forschungsarbeit von BEARD et al. (2009) sollte die Auswirkung der Zungenbandanwendung auf die Mechanik der oberen Atemwege bei 6 klinisch unauffälligen Pferden nach erfolgter Sternothyrohyoid-Myektomie bestimmt werden, die auf einem Laufband trainierten. Der Inspirations- und Expirationsdruck im Pharynx und in der Trachea wurde mit transnasalen Pharynx- und Trachealkathetern gemessen und der Luftstrom wurde mit einem Pneumotachographen gemessen. Es konnten bei keiner der gemessenen Atemvariablen eine Auswirkung des Zungenbandes festgestellt werden. Das Zungenband veränderte die Mechanik der oberen Atemwege nach erfolgreicher *Sternothyrohyoid-Myektomie* während der Belastung nicht. Andere Arbeiten, die andere Studienmethoden verwendeten, konnten dagegen einen Einfluss des Zungenbandes feststellen: BARAKZAI und DIXON (2005) verglichen die Rennaufzeichnungen von 31 Vollblutrennpferden, die wegen einer dorsalen Verlagerung des weichen Gaumens konservativ behandelt wurden (Ruhe, Verbesserung der Fitness und/oder Zungenbandanwendung), mit 62 Kontrollpferden. Ihre Rennleistung wurde anhand der gewonnenen Preisgelder für drei Rennen verglichen, die vor und nach der Diagnose der Erkrankung stattfanden. 19 (61 %) der Pferde erzielten nach der konservativen Behandlung höhere Gewinne als vor der Behandlung, verglichen mit 27 (43,5 %) der Kontrollpferde. Bei den konservativ behandelten Pferden war ein signifikanter Anstieg des Gewinns zu verzeichnen, während es bei der Kontrollgruppe keinen signifikanten Unterschied gab (BARAKZAI und DIXON, 2005). In den weiteren Arbeiten von BARAKZAI et al. (2009 a und b) wurde bei an DDSP erkrankten Rennpferden die Wirksamkeit der thermischen Kauteroperation im Vergleich zu konservativ behandelten Rennpferden anhand der Rennleistung/Preisgelder ermittelt. Es wurden 48 chirurgisch versorgte (Thermokauterisation) Rennpferde und 30 konservative (TT) behandelte Kontrollpferde mit in die Studie einbezogen. Der Gewinn vor der Behandlung ging unmittelbar vor der Diagnose deutlich zurück. Ein hoher Anteil der Pferde, die zuvor an Rennen teilgenommen hatten, kehrte nach beiden Behandlungen zum Rennen zurück (90–96 %). Ein pferdeinterner Vergleich der Ergebnisse von drei Rennen vor und nach der Behandlung zeigte, dass 53 % der konservativ behandelten Pferde und 36 % der chirurgisch versorgten eine Leistungssteigerung aufwiesen. Ein höherer Prozentsatz der konservativ behandelten Kontrollpferde hatte eine verbesserte individuelle Leistung. Der Vergleich der beiden Behandlungsmethoden ist mit Vorsicht zu interpretieren, da die Behandlungen nicht randomisiert waren, was zu einer Variabilität der Ausgangsdaten zwischen den Gruppen führte. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass chirurgisch versorgte Tiere eine längere Regenerationszeit nach der Operation haben. Allerdings wurden nur Pferde in die Studie aufgenommen, die vor beziehungsweise nach der Diagnose des DDSP mindestens an drei bzw. fünf Rennen teilgenommen hatten. Folglich lässt dies vermuten, dass nur Pferde mit verbesserter Leistung durch den Einsatz eines Zungenbandes

weiterhin im Rennsport eingesetzt wurden. Die Tiere, die diese Leistung nicht erbrachten, wurden im Rennen nicht mehr eingesetzt. Dies könnte die Aussagekraft der beiden Studien von (BARAKZAI et al., 2005; 2009 b) negativ beeinflussen. CHALMERS et al. (2013) untersuchten in einer experimentellen Studie die Auswirkung der Zungenbandanwendung auf die Ruheposition des *Laryngochoyids* mittels Ultraschall an 12 Trabrennpferden. Dabei wurde die Position des Kehlkopfes während 3 Phasen der Zaumzeuganwendung ultraschalltechnisch gemessen: Phase I (Halfter und Führstrick) Phase II (Gebiss, Zaumzeug, Gurt und Scheck) und Phase III (plus Zungenband). Im Vergleich zu Phase I wurde in Phase III (mit der Anwendung eines Zungenbandes) ein Unterschied zwischen der Position des Zungenfortsatzes sowohl rostral als auch kaudal festgestellt. Das Zungenband führte in Phase III zu einer Verringerung der Tiefe (im sonographischen Bild) des Schilddrüsenknorpels und des Basihyoids im Vergleich zur Phase I. Die Verwendung eines Zungenbandes hatte einen Einfluss auf die Position des Basihyoids und des Schildknorpels beim stehenden Pferd. Dies war der erste Bericht, der einen Unterschied in der Morphologie des Laryngochoyids nach dem Anlegen eines Zungenbands dokumentierte und belegte, dass die Zungenbandanwendung eine messbare Auswirkung auf die Struktur der oberen Atemwege in Ruhe hat (CHALMERS et al., 2013). In der Literatur wurden jedoch auch negative Einflüsse des Zungenbandes auf das Pferd erforscht. Die Fragebogenstudie von WELLER et al. (2021) untersuchte die Ergebnisse einer Umfrage unter 112 Rennpferdetrainern (Galopprennpferdetrainer n = 72, Trabrennpferdetrainer n = 40). Die Studie berichtete über die Wirksamkeit der Zungenbandanwendung und mögliche Komplikationen, die sich aus deren Anwendung ergeben. Bei den Befragten, die sowohl das Zungenband als auch Nasenriemen verwendeten, gab es einen leichten bis mittleren positiven Zusammenhang zwischen den Gründen für deren Verwendung. Der häufigste Grund für die Zungenbandanwendung war die Verhinderung oder Verringerung der Atemwegsobstruktion (72,3 %, n = 34), dicht gefolgt von der Verhinderung oder Verringerung von Atemwegsgeräuschen (55,3 %, n = 16) (WELLER et al., 2021). Ausbilder von Trabrennpferden bewerteten den Effekt der Zungenbandanwendung für zwei Anwendungsgründe (Verhinderung/ Verringerung der Atemwegsobstruktion und verhindern, dass das Pferd seine Zunge über das Gebiss legt) gleichwertig (69,6 %, n = 16). Zungenbänder wurden als weniger wirksam bei der Verbesserung der Leistung angesehen, als bei der Verringerung der Atemwegsobstruktion und der Verhinderung, dass die Zunge über das Gebiss verlagert wird. Von den 70 Befragten, die Zungenbänder benutzten, gaben 51,4 % (n = 36) an, dass sie entweder eine körperliche oder eine verhaltensbedingte Komplikation aufgrund der Zungenbandanwendung erlebt hatten (WELLER et al., 2021). Dabei waren Rötungen oder Quetschungen der Zunge (20,0 %, n = 14) die am häufigsten berichteten körperlichen Komplikationen (WELLER et al., 2021). Die Dauer der Anwendung beeinflusste das Risiko der Beobachtung von Komplikationen (WELLER et al., 2021). Je länger die

Hilfsmittel angelegt wurden, desto größer war das Risiko für körperliche Komplikationen. Je größer die Zungenbandspannung war (Zunge kann nicht mehr bewegt werden), desto eher erhöhte sich zudem das Auftreten von körperlichen Komplikationen (WELLER et al., 2021). Diese Studie gibt einen gewissen Einblick in die Art und Weise, wie und warum Zungenbänder von einigen Rennpferdetrainern angewendet werden. Die Arbeit zeigt die potenziellen Risiken, die mit der Zungenbandverwendung verbunden sind (WELLER et al., 2021). Dies ist ein völlig anderer Ansatz, aber es ist sehr wichtig, die negativen Einflüsse des Zungenbandes zu ermitteln und gegebenenfalls in zukünftigen Forschungen weiter zu objektivieren und zu belegen. Unter Verwendung eines Modells zur Bewertung des Wohlbefindens von Pferden untersuchte ein Gremium von Fachleuten aus dem Bereich des Tierschutzes die wahrgenommenen Schäden, die sich aus 116 üblicherweise an Pferden angewendeten Interventionen ergaben (MC GREEVY et al., 2018). Für den Bereich der Pflegeverfahren wurden Zungenbänder und Nasenriemen sowohl bei der Bewertung vor dem Workshop als auch bei der Bewertung während des Workshops mit den größten nachteiligen Auswirkungen für diese Kategorie bewertet (MC GREEVY et al., 2018). Dieser Ansatz ist sehr theoretisch und ein subjektiver Faktor spielt in alle Bewertungen mit rein. In dieser Studie werden die Belange der Tiere stellvertretend (durch das Fachgremium) beurteilt. Die Ergebnisse der Beurteilung sind schwer zu objektivieren. Das Ausmaß der Schäden wird zum Teil durch Gremienmitglieder bewertet, die in einem Interessenkonflikt stehen könnten. In der Arbeit von BARTON et al. (2019) und LINDENBERG (2019) wurden die Daten von 581 Pferden mittels Fragebogen erfragt. Die positiven Effekte, die von den Trainern berichtet wurden, waren die Verhinderung der Verlagerung der Zunge über das Gebiss (37/41) und die Reduktion eines Atemgeräusches (24/41). Die Mehrheit berichtete außerdem von einer Leistungsverbesserung im Training (63 %) und beim Rennen (76 %). Die Mehrheit (22/41) der Trainer hatten bislang keine negativen Auswirkungen des Einsatzes von TTs bemerkt, während die anderen in bis zu 10 % der Einsätze (14/41) oder sogar mehr (5/41) von negativen Auswirkungen berichteten. Die Nebenwirkungen waren eine Verfärbung der Zunge unter Fixation (n = 16), gefolgt von Blutungen (n = 4) und Paralysen (n = 1) der Zunge, wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Insgesamt erscheint der Einsatz von TTs trotz des häufigen Gebrauchs und der „positiven Effekte“, die von Trab- und Galopprenntrainern berichtet wurden, aus Tierschutzgründen mehr als fraglich. Hier wurde eine Interessengruppe befragt, die natürlich subjektiv die für Sie nützlichen „positiven Effekte“ besser bewerten könnten, als zum Beispiel „negative Einflüsse“ auf die Tiere. Solchen Studienergebnissen sollte man kritisch gegenüber stehen, da es möglich ist, falsch positive Bewertungen des Zungenbandeinflusses in der Auswertung zu erhalten. MARSH et al. (2019) untersuchten den Einfluss der Zungenbandanwendung auf die Verhaltensweisen der Pferde (Kopferfen, Ohrposition, Maulöffnungen und Lippenlecken) und auf die physiologischen Parameter (Speichelcortisol-

Konzentrationen, Augenoberflächentemperatur und Herzfrequenz) in Ruhe, bei 12 gesunden Trabrennpferden (6 Tiere kannten das Zungenband zuvor nicht). Die Pferde, die das Zungenband bereits kannten, zeigten mehr Kopfwerten/Schütteln und Maulaufsperrern, als die Pferde denen es vorher unbekannt war (MARSH et al., 2019). In der Erholungsphase zeigten die Pferde nach der Zungenbandanwendung häufiger Lippenlecken als die Kontrolltiere. Die Speichel-Cortisol-Konzentrationen stiegen signifikant nach der Zungenbandanwendung an. Die durchschnittliche Herzfrequenz und die Temperatur der Augen unterschied sich in keiner Phase zwischen den Gruppen. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass die Zungenbandanwendung sowohl negative Veränderungen bei Verhaltens- als auch bei physiologischen Parametern bewirkt, die auf einer stressbedingten Reaktion beruhen. Zukünftige Studien sollten einen ähnlichen Studienaufbau mit größerer Fallzahl nutzen, um objektivere Daten in Zukunft zu erheben.

5.2.3 Zungenbandeinfluss auf die Pharynxweite (a und b)

Für die statistische Auswertung der Pharynxweite wurden die Mittelwerte ($n = 30$) der gemessenen Längen im Pharynx (a und b, Einheit = Pixel), aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband), ausgewertet. Die durchschnittliche Breite der *Epiglottis* (a) war in allen drei Beobachtungsphasen [in Ruhe (MW = 483,68, SD = 121,44), in Belastung mit Zungenband (MW = 474,54, SD = 108,28), in Belastung ohne Zungenband (MW = 461,30, SD = 121,35)] annähernd gleich groß (Tab. 27, Anhang). Die Differenz war bei allen Paaren [in Ruhe ($t(29) = 0,59$, $p < 0,558$), in Belastung mit Zungenband ($t(29) = 1,12$, $p < 0,271$), in Belastung ohne Zungenband ($t(29) = 1,26$, $p < 0,220$)] im Vergleich nicht signifikant (Tab. 27, Anhang). Dieses Ergebnis bestätigt die Hypothese von GO et al. (2014). Die Referenzlänge auf der *Epiglottis* (a) wurde von GO et al. (2014) auf der Grundlage der Hypothese gewählt, dass bei gesunden Pferden die Breite des Kehldeckels bei Bewegung und Änderung der Kopf-Hals- Position gleich bleibt. Somit diente die Kehldeckelweite (a) als konstanter Wert während der Belastungsendoskopie des Pferdes. Die durchschnittliche Höhe des Pharynxdaches (Senkrechte auf der Epiglottisbreite, b) unterschied bei sich nur in einem Beobachtungspaar signifikant voneinander: $t(29) = -3,08$, $p < 0,004$ (Tab. 28, Anhang). Die Differenz in Ruhe (MW = 511,16, SD = 86,88; Tab. 28, Anhang) war kleiner, als in Belastung ohne Zungenband (MW = 563,09, SD = 112,37; Tab. 28, Anhang). Die Korrelationsanalyse ergab, dass für alle Paare der drei Beobachtungsgruppen, der Epiglottisbreite (a) und der Höhe des Pharynxdaches (b), ein hoch signifikanter, positiver, linearer Zusammenhang ($p < ,001$) bestand (Tab. 10 und 11).

5.2.4 Zungenbändeinfluss auf die Larynxöffnungsflächen (a, b, c, d, e)

Für die statistische Auswertung wurden die Mittelwerte ($n = 31$) der gemessenen Larynxparameter: maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a), maximale Breite der Öffnungsfläche (b), Breite auf der mittleren Höhe der Stimmfalten (c), Öffnungswinkel der Aryknorpel (Grad, d) und die Kehlkopföffnungsfläche (Einheit = Pixel e), aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen ("Ruhe", "Belastung mit Zungenband" und "Belastung ohne Zungenband"), ausgewertet. Nur für den Öffnungswinkel der Aryknorpel (d) konnte festgestellt werden, dass sich die Mittelwerte im Vergleich zur Beobachtungsgruppe "Ruhe" (MW = 128,60, SD = 10,80) mit der "Belastung mit Zungenband" (MW = 137,85, SD = 8,44; $t(30) = -4,547$, $p < 0,001$) und "Belastung ohne Zungenband" (MW = 139,28, SD = 8,04, $t(30) = -5,453$, $p < 0,001$) signifikant vergrößern (Tab. 32, Anhang). Die positive Korrelation der Paare war gering ausgeprägt (Ruhe vs. "Belastung mit Zungenband": Korrelation = ,326, $p < ,074$; Ruhe vs. "Belastung ohne Zungenband": Korrelation = ,358, $p < ,048$) und nicht signifikant für die beiden Paare (Tab. 15). Dieses Ergebnis lässt sich mit der Zunahme der forcierten Inspiration unter Belastung erklären. Durch die Kontraktion des *M. cricoarytenoideus dorsalis* wird bei forcierter Einatmung der *Proc. muscularis* des Stellknorpels nach kaudodorsal und median verlagert (WISSDORF et al., 2010). Dadurch wird der *Proc. vocalis* nach außen angehoben, wodurch sich die gesamte Rima glottis (Stimmritze) erweitert (WISSDORF et al., 2010). Folglich wird der Öffnungswinkel des Arytenoidknorpels mit Belastung größer (Abb. 4), um mehr Luftvolumen ein- und ausatmen zu können. Das Zungenband hatte keinen Einfluss auf die Größe des Winkels. Im Vergleich der Belastungspaare ("mit Zungenband", MW = 137,85, SD = 8,44) und "ohne Zungenband" MW = 139,28, SD = 8,04) war kein signifikante Unterschied ($t(30) = - ,995$, $p < 0,327$) zu erkennen (Tab. 32, Anhang). Alle anderen Kehlkopfparameter unterschieden sich in den drei Belastungsphasen nicht signifikant voneinander. ZEBISCH et al. (2014) untersuchten mittels Overground-Endoskopie die Auswirkungen verschiedener Kopf-Hals-Positionen auf den Kehlkopf von 14 gerittenen Pferden aus einer anderen Nutzungsgruppe. Die Videos wurden in Ruhe und während drei verschiedener Reitphasen aufgenommen (Streckhaltung, Arbeitsposition und Hyperflexion). Ein Vergleich zwischen den Analysen der Arbeitsposition und der Hyperflexionsphase ergab eine signifikante Verringerung der Öffnungsfläche des Kehlkopfes (e). In ihrer Studie wurden die Unterschiede im Betrachtungswinkel bei Wechsel der Kopf-Hals-Haltung und des Abstandes des Endoskopes zum Kehlkopf bei Bewegung nicht berücksichtigt, wie es bei GO et al. (2014) der Fall war. Die Verringerung der Öffnungsfläche des Kehlkopfes in Hyperflexion hatte sich aus einer mangelnden Ausdehnungsmöglichkeit nach lateral ergeben. In der vorliegenden Studie konnte kein vergrößernder Einfluss des Zungenbandes auf die Kehlkopföffnungsfläche (e) festgestellt werden (Tab. 33, Anhang). In der vorliegenden Arbeit wurden die Pferde ausschließlich (ihrer Nutzung entsprechend) in gestreckter natürlicher

Kopfhalshaltung belastet, eine seitliche Einengung des Kehlkopfes war nicht zu erwarten. Dies erklärt, warum hier kein Einfluss feststellbar war.

5.2.5 Zungenbändeinfluss auf die Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a)

Für die statistische Auswertung der Pharynx-Epiglottis-Ratio wurden die Mittelwerte ($n = 30$) der ermittelten Ratio (Pharynxhöhe/Epiglottisbreite, b/a) aus den jeweiligen fünf Messungen der drei Beobachtungsphasen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) ausgewertet. Die durchschnittliche Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) der Belastungsphase "in Ruhe" (MW = 1,11, SD = 0,19) war hoch signifikant ($t(29) = -4,30$, $p < 0,001$) kleiner als in Belastung ohne Zungenband (MW = 1,28, SD = 0,30; Tab. 34, Anhang). Im paarweisen Vergleich der Belastungsgruppen "mit Zungenband" (MW = 1,15,1; SD = 0,27) war die durchschnittliche Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) niedriger als "in Belastung ohne Zungenband" (MW = 1,28, SD = 0,30; Tab. 34, Anhang). Die Differenz war sehr signifikant: $t(29) = -4,97$, $p < 0,001$ (Tab. 34, Anhang). Die Korrelationsanalyse ergab, dass ein hoch signifikanter ($p < ,001$), starker, positiver und linearer Zusammenhang für alle drei Beobachtungspaare ("Ruhe" vs. "Belastung mit Zungenband": Korrelation = ,718, $p < ,001$; "Ruhe" vs. "Belastung ohne Zungenband": Korrelation = ,702, $p < ,001$; und "Belastung mit Zungenband" vs. "Belastung ohne Zungenband": Korrelation = ,885, $p < ,001$; Tab. 17) der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) bestand. Für die vorliegende Arbeit wurde erwartet, dass die PE-Ratio unter Anwendung des Zungenbandes in Belastung am größten ist. In der Literatur wurde die Hypothese wie folgt definiert: DUGDALE und GREENWOOD (1993) vertraten den Standpunkt, dass die Funktion des Zungenbandes auf der anatomischen Verbindung des Kehlkopfes mit dem Zungenbein beruht. Eine Fixation der Zunge verhindert ein Zurückziehen der selbigen. Die Fixation der Zunge kann aufgrund dieser anatomischen Verbindung eine Kaudalverlagerung des Kehlkopfes verhindern. Laut HEFFRON et al. (1979) induziert das Zurückziehen des Larynx nach kaudal das Auftreten einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels. CORNELISSE et al. (2001 a) beschrieben, dass ein Herunterdrücken der Zunge entscheidend für die Stabilität und die Erweiterung der oberen Atemwege ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie konnten diese Hypothese zur Funktion des Zungenbandes nicht bestätigen. Es konnte kein positiver, vergrößernder Einfluss des Zungenbandes auf den Pharynxdiameter festgestellt werden. Die gewonnenen Ergebnisse entsprechen nicht der gängigen Anwendungshypothese der Funktion des Zungenbandes. Eine Vergrößerung des Rachendurchmessers würde wahrscheinlich das Auftreten von Kehlkopfpathologien einschließlich des dynamischen Kollapses während intensiver Belastung verringern (DUCHARME et al., 1994; DERKSEN et al., 2006). Anstatt den Pharynx zu weiten, führte das Zungenband in unserer Studie bei bis zu 93 % der Pferde zu einer Verringerung des Pharynxdurchmessers. Obwohl andere Autoren beschrieben, dass das Herunterdrücken der

Zunge essentiell für die Stabilität und Erweiterung des Nasopharynx ist (CORNELISSE et al., 2001 a), unterstützen die Ergebnisse der vorliegenden Studie diese Theorie nicht. GO et al. (2014) konnten eine signifikante Verringerung der Pharynx-Epiglottis-Ratio in stark gebeugter Flexion gegenüber den anderen Kopf-Hals-Positionen bei Sportpferden beobachten. Da Rennpferde ausschließlich in natürlichen Kopfpositionen rennen, ist eine Verkleinerung nicht zu erwarten gewesen.

5.2.6 Zungenbandeinfluss auf die Larynxöffnungsflächen-Ratios (b/a, c/a, d/a, e/a)

Für diese statistische Auswertung wurden die Mittelwerte aus den jeweiligen fünf Messungen der einzelnen Pharynxparameter (a, b, c, d, e) aus den drei Beobachtungsphasen verwendet (n = 31). Die einzelnen Parameter wurden zu vier selbstständigen Parametern (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio) als Quotienten ermittelt: maximale Breite der Öffnungsfläche/ maximale Höhe der Öffnungsfläche (= Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: b/a); mittlere Höhe der Stimmfalten/maximale Höhe der Öffnungsfläche gebildet (= Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: c/a); relativer Öffnungswinkel/ maximale Höhe der Öffnungsfläche (= Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: d/a); gesamte Öffnungsfläche/ maximale Höhe der Öffnungsfläche (= Larynx-Öffnungsflächen-Ratio: e/a). Nur für zwei der vier Larynx-Öffnungsflächen-Ratios (c/a und d/a) konnten signifikante Ergebnisse erhoben werden, obwohl der numerische Unterschied der Ratio sehr gering ist. Es konnte nachgewiesen werden, dass im Vergleich "Ruhe" (MW = 0,58, SD = 0,09) vs. "Belastung mit Zungenband" (MW = 0,64, SD = 0,10), die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio [maximale Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c) / maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a)] mit der Belastung unter Anwendung des Zungenbandes hoch signifikant, größer wurde: $t(30) = -4,24$, $p < 0,001$ (Tab. 36, Anhang). Bei der Gegenüberstellung der Beobachtungsgruppen "in Belastung" konnte für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) festgestellt werden, dass sie "mit Zungenbandanwendung" (MW = 0,64, SD = 0,10) signifikant ($t(30) = 3,32$, $p < 0,002$) größer war, als "ohne Zungenbandanwendung" (MW = 0,59, SD = 0,08; Tab. 36, Anhang). Für die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio [Öffnungswinkel der Aryknorpel (d) / maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a)] konnte festgestellt werden, dass in Belastung mit Zungenband (MW = 0,35, SD = 0,07) die Differenz signifikant ($t(30) = -3,37$, $p < 0,002$) größer war, als in Ruhe (MW = 0,31, SD = 0,07; Tab. 37; Anhang). Für die genannten Paare ergab die Korrelationsanalyse, dass ein signifikanter, positiver, linearer Zusammenhang ($p < 0,001$; Tab. 18 und 20) bestand. Für die Berechnung der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio wurde die Hypothese zugrunde gelegt, dass sich die Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) nicht durch Belastung verändert (durch das knorpelgestützte Grundgerüst). Dies war eine Übertragung der Ergebnisse von ZEBISCH et al. (2014). In Ihrer Studie hatte sich die Höhe des Kehlkopfes unabhängig von der Kopf-Hals-Position kaum verändert (ZEBISCH et al., 2014). Dies war die

Grundlage auf der die Übertragung der These von GO et al. (2014) auf die vorliegenden Kehlkopfparameter erfolgte, um miteinander vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. In der vorliegenden Studie, unterschied sich die Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) der drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) nicht signifikant (Tab. 29, Anhang) voneinander. Damit gleichen sich die Ergebnisse mit denen von ZEBISCH et al. (2014). Trotzdem besteht hier ein grundsätzliches Problem, die statistische Auswertung von Quotienten geht immer mit einer deutlichen Zunahme der Streuung und der Fehler einher. Die Nachweischance von Unterschieden nimmt dadurch ab. Zukünftige Studien sollten einen anderen Ansatz verwenden um den Effekt der Endoskoplage zu korrigieren.

5.2.7 Zungenbandeinfluss vergleichend (PE-Ratio, ohne Befund vs. DDSP und RLN)

Der Vergleich der drei Beobachtungseinheiten (in Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) wurde anhand der PE-Ratio-Mittelwerte der Tiere "ohne Befunde" im Vergleich zu den Tieren die "RLN" oder "DDSP" aufwiesen, nur deskriptiv aufgeführt (Abb. 40). Eine statistische Testung wurde aufgrund der kleinen Fallzahlen nicht durchgeführt. In Ruhe war die PE-Ratio für alle Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,11, SD = 0,05), (RLN: MW = 1,10, SD = 0,21), (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4)] kleiner, als im Vergleich zur Belastung mit Zungenband [(ohne Befund: MW = 1,12, SD = 0,06), (RLN: MW = 1,18, SD = 0,11) (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4)] oder in Belastung ohne Zungenband [(ohne Befund: MW = 1,26, SD = 0,07), (RLN: MW = 1,27, SD = 0,11), (DDSP: MW = 1,52, SD = 0,57)] (Tab. 23, 24, 25). Der Vergleich der drei Beobachtungsgruppen der Tiere in Ruhe [(ohne Befund: MW = 1,11, SD = 0,05), (RLN: MW = 1,10, SD = 0,21), (DDSP: MW = 1,28, SD = 0,4)] zeigt, dass Sie alle ähnliche PE-Ratios in Ruheposition haben (Tab. 22). Die Pferde mit DDSP wiesen eine geringgradige Tendenz dazu auf, dass Ihr Mittelwert im Vergleich geringgradig größer war, als bei den anderen Tieren in Ruhe. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass die kleine Stichprobe (drei Probanden) ein verzerrtes Ergebnis darstellen. In zukünftigen Studien mit größeren Fallzahlen gilt es zu prüfen, ob es tatsächlich einen signifikanten Unterschied der PE-Ratio in Ruhe geben könnte. Im Vergleich zur Auswertung der Mittelwerte "in Ruhe" war die mittlere Tendenz die Pharynx-Epiglottis-Ratio bei "Belastung mit Zungenband" bei allen drei Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,12, SD = 0,06), (RLN: MW = 1,18, SD = 0,11), (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4)] größer (Tab. 23 vs. Tab. 24). Dies lässt sich wieder mit der Anspannung der Muskulatur unter Belastung erklären. Innerhalb der Belastungseinheit mit Zungenband (Tab. 23) war die Pharynx-Epiglottis-Ratio bei den Tieren ohne Befund tendenziell kleiner (MW = 1,12, SD = 0,06) als bei den Tieren die RLN hatten (MW = 1,18, SD = 0,11), während bei den Pferden mit einem DDSP (Abb. 40) tendenziell die größte Pharynx-Epiglottis-Ratio während des Trainings mit Zungenband ermittelt werden konnte (DDSP: MW = 1,35, SD = 0,4). Die mittlere Pharynx-Epiglottis-Ratio in der Belastungseinheit ohne Zungenband (Tab. 25) war in allen drei

Beobachtungsgruppen [(ohne Befund: MW = 1,26, SD = 0,07), (RLN: MW = 1,27, SD = 0,11), (DDSP: MW = 1,52, SD = 0,57)] tendenziell größer als in den Belastungseinheiten "Ruhe" und "Belastung mit Zungenband" (Tab. 22, 23 und 24). Im Vergleich der Beobachtungsgruppen untereinander (ohne Befund, RLN und DDSP) zeigte sich die Tendenz, dass in allen drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit und ohne Zungenband) die Mittelwerte für die Gruppe "mit DDSP" vergleichsweise größer war, als bei den Tieren "mit RLN" und den Tieren "ohne Befunden" (DDSP>RLN>ohne Befund: Abb. 40, Tab. 22, 23, 24). Die Beobachtung, dass die Pharynxweite bei den Tieren die ein DDSP aufwiesen, in allen drei Beobachtungsphasen am größten war, ist erstaunlich und hierfür existiert bislang noch keine ausreichende Erklärung. Eine erklärende Hypothese könnte sein, dass durch das Absinken des Kehlkopfes nach kaudo-ventral bei Pferden mit DDSP, sich die Pharynxweite in der endoskopischen Darstellung größer darstellen könnte. Ein weiterer Einflussfaktor könnte die Entstehung der dorsalen Verlagerung des weichen Gaumensegels durch die Übermüdung der *thyreoidealen* Muskulatur (CERCONE et al., 2019) sein. Durch den Verzicht auf das Randomisieren in der Studie, könnten die oben genannten Tendenzen ein verzerrtes Bild abgeben. Dies bleibt jedoch spekulativ und sollte aufgrund der kleinen Fallzahl der erhobenen Daten mittels weiterer Studien mit größeren Fallzahlen evaluiert werden. Dabei sollten Pferde mit DDSP und anderen Pathologien der oberen Atemwege im Vergleich zu Kontrolltieren mittels Laufbandendoskopie untersucht werden. Hier wäre es interessant zu ermitteln, ob die Unterschiede im Pharynxdurchmesser zwischen den Tieren „ohne Pathologien“ und denen „mit DDSP“ oder „RLN“ signifikant sind.

5.3 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unsere Studienergebnisse Hinweise darauf geben, dass die Verwendung von Zungenbändern nicht zur Unterstützung der Funktion der oberen Atemwege beitragen, da sich der Pharynxdurchmesser während der Belastung durch die Zungenbandanwendung reduziert. Ein vergrößernder Einfluss auf die Larynxöffnungsfläche konnte nicht festgestellt werden. Des Weiteren deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Anwendung des Zungenbandes das Auftreten einer Dorsalverlagerung des weichen Gaumensegels nicht verhindern kann. Aufgrund der sehr geringen Anzahl von betroffenen Tieren mit „Recurrent laryngeal neuropathy“, die zudem von geringer Ausprägung war, konnte der Einfluss des Zungenbandes auf die Larynxfunktion nicht abschließend bewertet werden.

5.4 Ausblick

Die Studienergebnisse könnten als eine objektive Grundlage für zukünftige Entscheidungen von Pferdesportorganisationen in Bezug auf die Zungenbandvorschriften dienen. Weitere

Studien sollten sich auf den morphologischen Effekt des Zungenbandes und das Wohlergehen der Tiere unter Anwendung desselbigen konzentrieren.

6. Zusammenfassung

Troppenz Anne

Untersuchung zum Einfluss des Zungenbandes auf die oberen Atemwege des Pferdes unter Belastungsendoskopie bei Rennpferden

Die Erkenntnisse zur Wirksamkeit des Zungenbandes und dessen Einfluss auf die oberen Atemwege sowie die Prävention von DDSP bei Rennpferden ist bisher sehr umstritten. In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob die Anwendung des Zungenbandes den Pharynxdurchmesser und die Öffnung des Kehlkopfes beeinflussen. Des Weiteren sollte mit dieser Arbeit geprüft werden, ob ein DDSP durch das Tragen eines Zungenbandes verhindert werden kann. Die Studie wurde in einem prospektiven, verblindeten Crossover-Design durchgeführt. Insgesamt wurden mittels endoskopischer Bildgebung 38 Rennpferde (30 Galopprennpferde und acht Trabrennpferde) auf pathologische Funktionsveränderungen der oberen Atemwege untersucht. Alle Studienteilnehmer befanden sich im aktiven Rennttraining oder hatten bereits an regionalen Rennen teilgenommen. Alle Pferde litten laut Vorgeschichte an Leistungsinsuffizienz oder an Atemgeräuschen unter Belastung. 20 Tieren war die Anwendung des Zungenbandes bereits bekannt. Die übrigen 18 Tiere wurden im Rahmen der Studie zum ersten Mal mit dem Zungenband trainiert. Die Untersuchung der Tiere wurde stets paarweise unter den gewohnten Bedingungen im Rennttrainingsstall vor Ort vorgenommen. Es erfolgten drei Untersuchungseinheiten für jedes Tier an einem Untersuchungstag. Zunächst wurde nach Anlegen des Equipments die Endoskopiephase „in Ruhe“ (Kontrolle) aufgezeichnet. Nach einer kurzen Adaptations- und Aufwärmphase folgten im Anschluss zwei Beobachtungseinheiten bei maximalem Renntempo auf der Trainingsrennstrecke: eine Phase mit Zungenband und eine Rennphase ohne Zungenband. Das Bildmaterial der drei Beobachtungseinheiten wurde miteinander verglichen. Alle pathologischen Funktionsstörungen des Pharynx und Larynx aus den Beobachtungsphasen wurden dokumentiert. Aus den drei Beobachtungsphasen „Ruhe“, „maximale Belastung mit Zungenband“ und „maximale Belastung ohne Zungenband“ wurden jeweils fünf Standbilder extrahiert. Insgesamt wurde der Einfluss des Zungenbandes auf den Pharynxdurchmesser von 30 Rennpferden ausgewertet. Die gemessene Breite der *Epiglottis* (a) sowie die senkrechte Länge (b) von einem dorsalen Fixpunkt im Pharynxdach auf die Breite, (a) wurden gemessen. Das Verhältnis der Strecken zueinander wurde als Maß für den Öffnungsgrad des Pharynx (Pharynx-*Epiglottis*-Ratio b/a) berechnet. Für die Beurteilung des Einflusses des Zungenbandes auf die Öffnungsfläche des Kehlkopfes, wurden folgende Larynxparameter gemessen: Maximale Höhe der Öffnungsfläche (a), Maximale Breite der Öffnungsfläche (b), Breite auf Mitte der Stimmfalten (c), relativer Öffnungswinkel (d) und die Öffnungsfläche (e).

Die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio wurde ermittelt, indem ebenso die Quotienten (Larynx-Öffnungsflächen-Ratio = b/a , c/a , d/a , e/a) berechnet wurden. Die Dorsalverlagerung des Gaumensegels trat insgesamt viermal unter Belastung auf. Davon wurde bei drei von vier Malen das Zungenband getragen. Nur bei einem Pferd trat das DDSP ohne Anwendung des Zungenbandes unter Belastung auf. Die durchschnittliche Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) der Beobachtungsphase "Belastung ohne Zungenband" war signifikant größer als "in Ruhe". Im paarweisen Vergleich der Beobachtungsgruppen "Belastung mit Zungenband" war die durchschnittliche Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a) niedriger, als "in Belastung ohne Zungenband". Die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio der maximalen Breite auf Höhe der Stimmtaschen (c)/maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) war im Vergleich "Ruhe" vs. "Belastung mit Zungenband", unter Anwendung des Zungenbandes größer als in "Ruhe". Bei der Gegenüberstellung der Beobachtungsgruppen "in Belastung" konnte für die Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a) festgestellt werden, dass sie "mit Zungenbandanwendung" größer war, als "ohne Zungenbandanwendung". Für die durchschnittliche Larynx-Öffnungsflächen-Ratio des Öffnungswinkels der Aryknorpel (d)/maximale Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a) konnte festgestellt werden, dass "in Belastung mit Zungenband" die Differenz größer war, als in Ruhe. Zusammenfassend wurde in dieser Studie kein positiver Effekt auf den Durchmesser des Pharynx durch das Tragen von Zungenbändern festgestellt. Lediglich die Larynxöffnungsflächen-Ratio auf Höhe der Stimmtaschen und der Winkel der Aryknorpel waren unter Belastung mit Zungenband größer als ohne dessen Anwendung. Weitere Studien sollten sich auf den Tierschutz konzentrieren, da die Ergebnisse der vorliegenden Studie einen objektiven Nachweis für zukünftige Entscheidungen von Pferdesportorganisationen bezüglich der Vorschriften für die Zungenbandanwendung liefern. Die Ergebnisse dieser Arbeit unterstützen nicht die Anwendung von Zungenbändern im Rennsport. Ein positiver Einfluss auf die Funktion der oberen Atemwege sowie als Prävention gegen das Auftreten von DDSPs konnte hier nicht nachgewiesen werden und gilt somit weiterhin als fraglich.

7. Summary

AnneTroppenz

Investigations about the impact of the tongue tie under overground endoscopy on the upper respiratory tract in racehorses

The effect of the tongue tie and the influence on the upper airway and the prevention of DDSP in racehorses has been controversial. The present work aimed to investigate whether the application of the tongue tie affects the pharyngeal diameter and the opening of the larynx. Furthermore, this work aimed to test whether DDSP can be prevented by wearing the tongue tie. The study was conducted in a prospective, blinded crossover design. 38 racehorses were examined for pathological functional changes in the function of the upper airway using endoscopic imaging. All study participants were in active race training or had already taken part in regional races. All horses had a history of poor performance or respiratory noise during exercise. The use of the tongue tie was already known to 20 animals. The remaining 18 animals were trained with the tongue tie for the first time as part of the study. The animals were always examined in pairs under the usual conditions in the racing training stable on site. There were three examination units for each animal on one examination day. First, the endoscopy phase was recorded "at rest" (control) after the equipment was put on. After a short adaptation and warm-up phase, two observation units followed at maximum racing speed on the training racetrack: a phase with tongue tie and a racing phase without tongue tie. The image material of the three observation units was compared with each other. All pathological dysfunctions of the pharynx and larynx from the observation phases were documented. Five freeze frames were extracted from each observation phases, „rest,“ „maximum stress with tongue tie,“ and „maximum stress without tongue tie.“ The influence of the tongue tie on the pharyngeal diameter was evaluated for 30 racehorses. The measured width of the epiglottis (a) and the perpendicular length (b) from the dorsal fixed point in the pharyngeal roof to the width (a) were measured. The ratio of the distances to each other was calculated as a measure of the degree of opening of the pharynx (*pharynx-epiglottis-ratio* b/a). To assess the influence of the tongue tie on the opening area of the larynx, the following laryngeal parameters were measured: Maximum height of the opening area (a), maximum width of the opening area (b), width at the centre of the vocal folds (c), relative opening angle (d), and the opening area (e). The „laryngeal opening-area-ratio“ was determined by calculating quotients (*laryngeal-opening-area-ratio* = b/a , c/a , d/a , e/a) in the same way. Dorsal displacement of the soft palate occurred a total of four times under race loading. Of these, the tongue tie was worn in three of four times. Only in one horse did DDSP occur without application of the tongue tie under racing load. The average *pharyngeal-epiglottis-ratio* (b/a) of the observation phase "race load without tongue tie" was

significantly higher than "rest". In the pair wise comparison of the observation groups "race load with tongue tie" the average pharyngeal-epiglottis-ratio (b/a) was lower than "race load without tongue tie". The average laryngeal opening area ratio of the maximum width at the level of the vocal sacs (c)/maximum height of the laryngeal opening area (a) was greater in the comparison "rest" vs. "race load with tongue tie", using the tongue tie than at "rest". When comparing the observation groups "race load", it was found for the laryngeal opening area ratio (c/a) that it was larger "with tongue tie application" than "without tongue tie application". For the average laryngeal opening area ratio of the opening angle of the laryngeal cartilage (d)/maximum height of the laryngeal opening area (a), it was found that the difference was greater in "race load with tongue tie" than at "rest". In conclusion, no positive effect on the diameter of the pharynx was found by wearing tongue ties in this study. Only the laryngeal opening area ratio at the level of the voice pockets and the angle of the aryepiglottides were larger under "stress with tongue tie" than without its application. Further studies should focus on animal welfare, as the results of the present study provide objective evidence for future decisions by equine organizations regarding the regulations for the tongue-tie use. The results of this work do not support the use of tongue ties in racing. A positive influence of the upper respiratory tract and as a prevention against the occurrence of DDSPs could not be proven here and is therefore still questionable.

8. Literaturverzeichnis

Aceto H, Parente EJ (2012):

Using quarterly earnings to assess racing performance in 70 thoroughbreds after modified laryngoplasty for treatment of recurrent laryngeal neuropathy.

Vet Surg, 41, 689–695

Ahern TJ (1992):

Oral palatopharyngoplasty.

Equine Vet Sci, 13, 185-188

Ahern BJ, Parente EJ (2008):

Surgical complications of the equine upper respiratory tract.

Vet Clin North Am Equine Pract, 24, 465–484

Allen KJ, Lane JG, Woodford NS, Franklin SH (2007):

Severe collapse of the rostral soft palate as a source of abnormal respiratory noise in six ponies and horses.

Equine Vet J, 39, 562–566

Allen KJ, Franklin SH (2009):

Comparisons of overground endoscopy and treadmill endoscopy in UK Thoroughbred racehorses.

Proceedings of the 4th World Equine Airways Symposium, Berne,

Eds: Tessier C and Gerber V, 262

Allen KJ, Franklin SH (2010):

Assessment of the exercise tests used during overground endoscopy in UK Thoroughbred racehorses and how these may affect the diagnosis of dynamic upper respiratory tract obstructions.

Equine Vet J, 42, 587–591

Allen KJ, Franklin SH (2010):

Comparisons of overground endoscopy and treadmill endoscopy in UK Thoroughbred racehorses.

Equine Vet J, 42, 186–191

Allen KJ, Christley RM, Birchall MA, Franklin SH (2012):

A systematic review of the efficacy of interventions for dynamic intermittent dorsal displacement of the soft palate.

Equine Vet J, 44, 259-266

Altmaier K, Morris EA (1993):

Dorsal displacement of the soft palate in neonatal foals.

Equine Vet J, 25, 329–332

Anderson JD, Tulleners EP, Johnston JK, Reeves MJ (1995):
Sternothyrohyoideus myectomy or staphylectomy for treatment of intermittent dorsal displacement of the soft palate in racehorses: 209 cases (1986–1991).
J Am Vet Med Assoc, 206, 1909–1912

Archer RM, Lindsay WA, Duncan ID (1991):
A comparison of techniques to enhance the evaluation of equine laryngeal function.
Equine Vet J, 23, 104–107

Argyle EP (1934):
The lesions found in cases of roaring.
J Royal Gt Brit Army Vet Corp, 5, 103–109

Auer DE, Wilson RG, Groenendyk S (1985):
Pharyngeal lymphoid hyperplasia in Thoroughbred racehorses in training.
Aust Vet J, 62, 124–126

Baker GJ (1991):
Diseases of the pharynx.
In: Colahan PT, Maghew JG, Merrit AM, Moore JN (Hrsg.): Equine Medicine and Surgery
Am Vet Publications, Inc. Goleata, California, 400–401

Baker RJ (2003):
Left recurrent laryngeal hemiplegia.
Internetauszug des Equine Pulmonary Laboratory der Michigan State University, USA
<http://cvm.msu.edu/RESEARCH/PULMON/Laryn2.htm> (zuletzt aufgerufen, 01.11.2019, 19.00Uhr)

Barakzai SZ, Dixon PM (2005):
Conservative treatment for thoroughbred racehorses with intermittent dorsal displacement of the soft palate.
Vet Rec, 157, 337–341

Barakzai SZ (2009):
Heritability of Recurrent Laryngeal Neuropathy.
4th World Equine Airways Symposium (WEAS 09), Berne, Switzerland

Barakzai SZ, Finnegan C, Boden LA (2009a):
Effect of tongue tie use on racing performance of Thoroughbreds in the United Kingdom.
Equine Vet J, 41, 812–816

Barakzai SZ, Finnegan C, Dixon PM, Hillyer MH, Boden LA (2009b):
Use of tongue ties in thoroughbred racehorses in the United Kingdom, and its association with surgery for dorsal displacement of the soft palate.
Vet Rec, 165, 278–281

Barakzai SZ, Boden LA, Hillyer MH, Marlin DJ, Dixon PM (2009c):
Efficacy of thermal cautery for intermittent dorsal displacement of the soft palate as compared to conservatively treated horses: results for 78 treadmill diagnosed horses.
Equine Vet J, 41, 65–69

Barakzai SZ, Boden LA, Dixon PM (2009d):
Postoperative race performance is not correlated with degree of surgical abduction after laryngoplasty in national hunt Thoroughbred racehorses.
Vet Surg, 38, 934–940

Barakzai SZ, Boden LA, Dixon PM (2009e):
Race performance after laryngoplasty and *ventriculocordectomy* in national hunt racehorses.
Vet Surg, 38, 941–945

Barakzai SZ, Hawkes CS (2010):
Dorsal displacement of the soft palate and palatal instability.
Equine Vet J, 22, 253–264

Barakzai SZ, Dixon PM (2010):
Correlation of resting and exercising endoscopic findings for horses with dynamic laryngeal collapse and palatal dysfunction.
Equine Vet J, 43, 18–23

Barakzai SZ, Dixon PM (2011):
Correlation of resting and exercising endoscopic findings for horses with dynamic laryngeal collapse and palatal dysfunction.
Equine Vet J, 43, 18–23

Barakzai SZ, Cheetham J (2012):
Endoscopic examination of exercising horses: Effects on diagnosis and treatment of upper respiratory tract disorders.
Equine Vet J, 44, 501-503

Barakzai SZ, Turner SJ, Dixon PM (2016):
Case series: Persistent dorsal displacement of the soft palate in eight horses.
Equine Vet Educ, 28, 558–565

Barnes AJ, Sloane DE, Lynch TM (2004):
Performance after partial *arytenoidectomy* without mucosal closure in 27 Thoroughbred racehorses.
Vet Surg, 33, 398–403

Barnett TP, O'Leary JM, Parkin TD, Dixon PM, Barakzai SZ (2013):
Long-term maintenance of *arytenoid* cartilage abduction and stability during exercise after laryngoplasty in 33 horses.
Vet Surg, 42, 291–295

Barone R (1996):

Anatomie compare´e del mammifères domestique: Tome 3, Splanchnologie I,
Appareil digestif, Appareil respiratoire.
4eme edition. Ed: Baronne, Vigot, Paris

Barnett TP, Smith LCR, Cheetham J, Barakzai SZ, Southwood L, Marr CM (2015):

A call for consensus on upper airway terminology.
Equine Vet J, 47, 505–507

Barton AK, Lindenberg I, Klaus D, Blohm KO, Gehlen H (2019):

Kasuistische Untersuchung zum Einsatz von Zungenbändern an Trab und Galopprennpferden
in Deutschland- eine Fragebogenstudie.
Pferdeheilkunde, Equine Medicine, 35, 416–422

Bathe AP (1993):

Left laryngeal *hemiplegia* in the horse: a survey of diagnostic criteria and management
practices employed by 20 veterinary surgeons in Europe.
Equine Vet Educ, 5, 84–85

Bayly WM, Grant BD, Breeze RG (1984):

Arterial blood gas tension and acid base balance during exercise in horses with pharyngeal
lymphoid hyperplasia.
Equine Vet J, 16, 435–438

Beard WL, Holcombe SJ, Hinchcliff KW (2001):

Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics during exercise following *sternothyrohyoid*
myectomy in clinically normal horses.
Am J Vet Res, 62, 779–782

Beard WL, Waxman S (2007):

Evidence-based equine upper respiratory surgery.
Vet Clin North Am Equine Pract, 23, 229–242

Beste KJ, Ortvad KF, Rossignol F, Ducharme NG (2020):

Transendoscopic correction of *epiglottic entrapment* with a silicone-covered laser guide and
diode laser in 29 horses.
Vet Surg, 49, 131–137

Belknap JK, Derksen FJ, Nickels FA, Stick JA, Robinson NE (1990):

Failure of subtotal *arytenoidectomy* to improve upper airway flow mechanics in exercising
Standardbreds with induced laryngeal *hemiplegia*.
J Am vet Res, 51, 1481–1487

Bischofberger AS, Hadidane I, Wereszka MM, Perkins NR, Jeffcott LB, Dart AJ (2013):

Effect of age and prostheses location on *rima glottidis* area in equine cadaveric larynges.
Vet Surg, 42, 286–290

Blythe L, Cardinet GH, Meagher DM, Brown MP, Wheat JD (1983):
Palatal myositis in horses with dorsal displacement of the soft palate.
J Am Vet Med Assoc, 183, 781–785

Boyko AR (2014):
Genomic analysis establishes correlation between growth and laryngeal neuropathy in Thoroughbreds.
BMC Genomics 15, 259 <http://doi.org/10.1186/1471-2164-15-259>

Brakenhoff JE, Holcombe SJ, Hauptman JG, Smith HK, Nickels FA, Caron JP (2006):
The prevalence of laryngeal disease in a large population of competition draft horses.
Vet Surg, 35, 579–583

Brown MC, Holland RLA (1979):
Central role for denervated tissues in causing nerve sprouting.
Nature, 282, 724–726

Brown JA, Derksen FJ, Stick JA, Hartmann WM, Robinson NE (2003):
Ventriculocordectomy reduces respiratory noise in horses with laryngeal *hemiplegia*.
Equine Vet J, 35, 570-574

Brown JA, Derksen FJ, Stick JA, Hartmann WM, Robinson NE (2004):
Effect of laryngoplasty on respiratory noise reduction in horses with laryngeal *hemiplegia*.
Equine Vet J, 36, 420–425

Brown JA, Hinchcliff KW, Jackson MA, Dredge AF, O'Callaghan RA, McCaffrey JR, Slocombe RF, Clarke AF (2005):
Prevalence of pharyngeal and laryngeal abnormalities in Thoroughbreds racing in Australia, and their association with performance.
Equine Vet J, 37, 397–401

Budras KD, Röck S (1994):
Rachen, Luftsack und Kehlkopf.
In: Budras KD u. Röck S (Hrsg.): Atlas der Anatomie des Pferdes.
2. Auflage, Hannover, Schlütersche Verlag, S. 42

Burrows GE (1982):
Lead poisoning in the horse.
Equine Prac, 4, 30–36

Boles CL, Raker CW, Wheat JF (1978):
Epiglottic entrapment by arytenoepiglottic folds in the horse.
J Am Vet Med Assoc, 172, 338–342

Boles CL (1979):
Abnormalities of the upper respiratory tract.
Vet Clin North Am Large Anim Pract, 1, 98–101

Boncompagni S, Kern H, Rossini K, Hofer C, Mayr W, Carraro U, Protasi F (2007):
Structural differentiation of skeletal muscle fibers in the absence of innervation in humans.
Proc Natl Acad Sci USA, 104, 19339–19344

Boyle AG, Martin BB Jr, Davidson EJ, Durando MM, Birks EK (2006):
Dynamic pharyngeal collapse in racehorses.
Equine Vet J Suppl, 36, 546–550

Carmalt JL, Johanssen B, Waldner C (2016):
Comparisons Between *Staphylectomy* and Tie-Forward Procedures in Combination with a
Sternothyroideus Myotectomy for the Treatment of Intermittent Dorsal Displacement of the
Soft Palate: An Observational Study.
Vet Surg, 45, 816–823

Casey V, Mc Greevy P, O’Muiris E, Doherty O (2013):
A preliminary report on estimating the pressures exerted by a crank noseband in the horse.
J Vet Behav Clin Applic Res, 8, 479–484

Cahill JI, Goulden BE (1986):
Equine laryngeal *hemiplegia*. Part II. An electron microscopic study of peripheral nerves.
N Z Vet J, 34, 161–165

Cahill JI, Goulden BE (1986a):
Equine laryngeal *hemiplegia*. Part 1. A light microscopic study of peripheral nerves.
N Z Vet J, 34, 161–169

Cahill JI, Goulden BE (1986b):
Equine laryngeal *hemiplegia*. Part II. An electron microscopic study of peripheral nerves.
N Z Vet J, 34, 170–175

Cahill JI, Goulden BE (1986c):
Equine laryngeal *hemiplegia*. Part 3. A teased fibre study of peripheral nerves.
N Z Vet J, 34, 181–185

Cahill JI, Goulden BE (1986d):
Equine laryngeal *hemiplegia*. Part 4. Muscles pathology.
N Z Vet J, 34, 186–190

Cahill JI, Goulden BE (1986e):
Equine laryngeal hemiplegia. Part 5. Central nervous system pathology.
N Z Vet J, 34, 191–193

Cahill JI, Goulden BE (1987):
The pathogenesis of equine laryngeal *hemiplegia* - a review.
N Z Vet J, 35, 82–90

Cahill J I, Goulden B E (1989):

Further evidence for a central nervous system component in equine laryngeal *hemiplegia*.
N Z Vet J, 37, 89–90

Carr EA, Spier SJ, Kortz GD, Hoffman EP (1996):

Laryngeal and pharyngeal dysfunction in horses homozygous for hyperkalemic periodic paralysis.

J Am Vet Med Assoc, 209, 798–803

Caspers MK, Bell CD, Tatarniuk DM (2021):

Transendoscopic *Ventriculocordectomy* Using Monopolar Electrosurgical Instrumentation for Conjunctive Treatment of Laryngeal *Hemiplegia* in Horses: 24 Cases (2017–2019).

Front Vet Sci, 8, 628410 <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.628410>

Cavanagh JB (1984):

The problems of neurons with long axons.

Lancet, 1, 1284–1287

Cehak A, Deegen E, Drommer W, Lütkefels E, Ohnesorge B (2006):

Transendoscopic injection of poly-L-lactic acid into the soft palate in horses: a new therapy for dorsal displacement of the soft palate?

Equine Vet Sci, 26, 59–66

Cercone M, Jarvis JC, Ducharme NG, Perkins J, Piercy RJ, Willand MP (2019):

Functional electrical stimulation following nerve injury in a large animal model.

Muscle Nerve, 59, 717–725

Cercone M, Olsen E, Perkins JD, Cheetham J, Mitchell LM, Ducharme NG (2019):

Investigation into pathophysiology of naturally occurring palatal instability and intermittent dorsal displacement of the soft palate (DDSP) in racehorses: *Thyro-hyoid* muscles fatigue during exercise.

PLOS ONE, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224524>

Ceusters J, Lejeune JP, Sandersen C, Niesten A, Lagneaux L, Serteyn D (2017):

From skeletal muscle to stem cells: an innovative and minimally-invasive process for multiple species.

Sci Rep 7, 696, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00803-7>

Chalmers HJ, Cheetham J, Yeager AE, Ducharme NG (2006):

Ultrasonography of the equine larynx.

Vet Radiol Ultrasound, 47, 476–481

Chalmers HJ, Yeager AE, Ducharme NG (2009):

Ultrasonographic assessment of laryngo-hyoid position as a predictor of dorsal displacement of the soft palate in horses.

Vet Radiol Ultrasound, 50, 91–96

- Chalmers HJ, Yeager AE, Cheetham J, Ducharme NG (2012):
Diagnostic sensitivity of subjective and quantitative laryngeal ultrasonography for recurrent laryngeal neuropathy in horses.
Vet Radiol Ultrasound, 53, 660–666
- Chalmers HJ, Farberman A, Bermingham A, Sears W, Viel L (2013):
The use of a tongue tie alters *laryngochoyoid* position in the standing horse.
Equine Vet J, 45, 711–714
- Chalmers HJ, Caswell J, Perkins J, Goodwin D, Viel L, Ducharme NG, Piercy RJ (2016):
Ultrasonography detects early laryngeal muscle atrophy in an equine neurectomy model.
Muscle Nerve, 53, 583–592
- Cheetham J, Pigott JH, Thorson LM, Mohammed HO, Ducharme NG (2008):
Racing performance following the laryngeal tie-forward procedure: A case-controlled study.
Equine Vet J, 40, 501–507
- Cheetham J, Radcliffe CR, Ducharme NG, Sanders I, Mu L, Hermanson JW (2008):
Neuroanatomy of the equine dorsal *cricoarytenoid* muscle: surgical implications.
Equine Vet J, 40, 70–75
- Cheetham J, Witte TH, Rawlinson JJ, Soderholm LV, Mohammed HO, Ducharme NG (2008):
Intra-articular stabilisation of the equine *cricoarytenoid* joint.
Equine Vet J, 40, 584-588
- Cheetham J, Pigott JH, Hermanson JW, Campoy L, Soderholm LV, Thorson LM, Ducharme NG (2009):
Role of the *hypoglossal* nerve in equine nasopharyngeal stability.
J Appl Physiol, 107, 471–477
- Cheetham J, Regner A, Jarvis JC, Priest D, Sanders I, Soderholm LV, Mitchell LM, Ducharme NG (2011):
Functional electrical stimulation of intrinsic laryngeal muscles under varying loads in exercising horses.
PLOS One, 6, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024258>
- Chesen AB, Whitfield-Cargile C (2015):
Update on Diseases and Treatment of the Pharynx.
Vet Clin North Am Equine Pract, 31, 1–11
- Coleridge MOD, Digiovanni DL, Rodgerson DH, Spirito MA (2015):
Endoscopic, transoral, reduction of *epiglottic entrapment* via wire snare technique.
Vet Surg, 44, 348–351
- Compostella F, Tremaine WH, Franklin SH (2012):
Retrospective study investigating causes of abnormal respiratory noise in horses following prosthetic laryngoplasty.
Equine Vet J, 43, 27–30

Cook WR (1965):

The diagnosis of respiratory unsoundness in the horse.
Vet Rec, 77, 516–527

Cook W R (1970):

A comparison of idiopathic laryngeal paralysis in man and horse.
J Laryng Otol, 84, 819–835

Cook WR (1970):

Procedure and technique for endoscopy of the equine respiratory tract and *eustachian tube diverticulum*.
Equine Vet J, 2, 137–152

Cook WR (1974):

Epistaxis in the racehorse.
Equine Vet J, 6, 45–58

Cook WR (1978):

Kehlkopf- und Gaumenverlagerung beim Pferd.
Prakt Tierarzt, 4, 288–294

Cook WR (1981):

Some observations on form and function of the equine upper airway in health and disease I. The Pharynx.
Proc Am Assoc Equine Pract, 27, 355–392

Cook WR (1982):

Some observations on form and function of the equine upper airway in health and disease I
The pharynx.
Proc Am Ass Equine Pract, 27, 355–391

Cook WR (1988):

Diagnosis and grading of hereditary recurrent laryngeal neuropathy in the horse.
Equine Vet Sci, 8, 432–455

Cook WR (1989):

Recent observations on recurrent laryngeal neuropathy in the horse: Applications to practice.
Proc Am Ass Equine Pract, 34, 427–478

Cook WR (2000):

Störungen der Atemwegsfunktion und andere durch das Gebiss verursachte Probleme des Pferdes – Ein Ansatz zur Problemlösung.
Pferdeheilkunde, 16, 333–351

Cornelisse CJ, Holcombe SJ, Derksen FJ, Berney C, Jackson CA (2001a):

Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics in horses during exercise.
Am J Vet Res, 62, 775–778

- Cornelisse CJ, Rosenstein DS, Derksen FJ, Holcombe SJ (2001b):
Computed tomographic study of the effect of a tongue-tie on *hyoid* apparatus position and nasopharyngeal dimensions in anesthetized horses.
Am J Vet Res, 62, 1865–1869
- Courey M, Fomin D, Smith T, Huang S, Sanders D, Reinisch L (1999):
Histologic and physiologic effects of electrocautery, CO2 laser and radiofrequency injury in the porcine soft palate.
Laryngoscope, 109, 1316–1319
- Cramp P, Derksen FJ, Stick JA, Nickels FA, Brown KE, Robinson P, Robinson NE (2009):
Effect of *ventriculectomy* versus *ventriculocordectomy* on upper airway noise in draught horses with recurrent laryngeal neuropathy.
Equine Vet J, 41, 729–734
- Curtiss AL, Parente EJ (2019):
Epiglottopexy for the treatment of *epiglottic* retroversion in 2 horses.
Vet Surg, 48, 820–824
- Curtiss AL, Aceto H, Embertson RM (2019):
Race performance following *epiglottic entrapment* surgery in Thoroughbred.
Equine Vet J, 52, 52–58
- Cymbaluk NF, Fretz PB, Loew FM (1977):
Thiamin measurements in horses with laryngral *hemiplegia*.
Vet Rec, 101, 97–98
- Dahlberg JA, Valdes-Martinez A, Boston RC, Parente EJ(2011):
Analysis of conformational variations of the *cricoid* cartilages in thoroughbred horses using computed tomography.
Equine Vet J, 43, 229–234
- Dart AJ, Dowling BA, Hodgson DR, Rose RJ (2001):
Evaluation of high-speed treadmill videoendoscopy for diagnosis of upper respiratory tract dysfunction in horses.
Aust Vet J, 79, 109–112
- Dart AJ, Dowling BA, Smith CL (2005):
Upper airway dysfunction associated with collapse of the apex of the *corniculate process* of the left *arytenoid* cartilage during exercise in 15 horses.
Vet Surg, 34, 543–547
- Dart A, Tee E, Brennan M, Dart C, Perkins N, Chapman S, Debney S (2009):
Effect of prosthesis number and position on *rima glottidis* area in equine laryngeal specimens.
Vet Surg, 38, 452–456

- Davidson EJ, Martin BB, Parente EJ, Birks EK (2002):
Dynamic evaluation of sport horses with poor performance: 80 cases (1992–2000).
In: Proceedings of the 2002 Conference on Equine Sports Medicine: The Elite Dressage and
Three-day Event Horse, CESMAS, Jülich, 133–136
- Davidson EJ, Martin BB Jr (2003):
Diagnosis of upper respiratory tract disease in the performance horse.
Vet Clin North Am Equine Pract, 19, 51–62
- Davidson EJ, Martin BB Jr, Parente EJ (2007):
Use of successive dynamic videoendoscopic evaluations to identify progression of recurrent
laryngeal neuropathy in three horses.
J Am Vet Med Ass, 230, 555–558
- Davidson EJ, Martin BB, Rieger RH, Parente EJ (2010):
Exercising videoendoscopic evaluation of 45 horses with respiratory noise and/or poor
performance after laryngoplasty.
Vet Surg, 39, 942–948
- Davidson EJ, Martin BB, Boston RC, Parente EJ (2011):
Exercising upper respiratory videoendoscopic evaluation of 100 nonracing performance
horses with abnormal respiratory noise and/or poor performance.
Equine Vet J, 43, 3–8
- Davison JA, Lumsden JM, Boston RC, Ahern BJ (2017):
Overground endoscopy in 311 Thoroughbred racehorses: findings and correlation to resting
laryngeal function.
Aust Vet J, 95, 338–342
- Dean PW (1991):
Laryngopalatal dislocation. Respiratory Disease: Medicine and Surgery 7.
Vet Clin North Am Equine Pract, 1, 137–140
- Deegen E (1986):
Endoskopische Befunde bei Pferden mit Erkrankung der oberen Atemwege.
Tierärztl Prax, 14, 91–99
- Derksen FJ, Stick JA, Scott EA, Robinson NE, Slocombe RF (1986):
Effects of laryngeal *hemiplegia* and laryngoplasty on airway flow mechanics in exercising
horses.
Am J Vet Res, 47, 16–20
- Derksen FJ, Holcombe SJ, Hartmann W, Robinson NE, Stick JA (1999):
Spectrogram analysis of respiratory sounds in exercising horses.
Proc 45th Ann Conv Am Ass Equine Pract, 45, 314–315

Derksen FJ, Holcombe SJ, Hartmann W, Robinson NE, Stick, JA (2001):
Spectrum analysis of respiratory sounds in exercising horses with experimentally induced laryngeal *hemiplegia* or dorsal displacement of the soft palate.
Am J vet Res, 62, 659–664

Derksen FJ (2003):
Practice is alive with the sounds of horses.
Equine Vet J, 35, 224–225

Derksen FJ (2006):
Overview of upper airway function.
In: Equine Surgery, Eds: Auer JA and Stick JA
Saunders Elsevier, St Louis, 516–522

Desmaizieres LM, Serraud N, Plainfosse B, Michel A, Tamzali Y (2009):
Dynamic respiratory endoscopy without treadmill in 68 performance Standardbred, Thoroughbred and saddle horses under natural training conditions.
Equine Vet J, 41, 347–352

Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V. (1994):
Band 1: Grundausbildung für Reiter und Pferd. Richtlinien Reiten und Fahren
FN Verlag

Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V. (2012):
Leistungs-Prüfungs-Ordnung.
Warendorf, FN Verlag

DEUTSCHER GALOPP e. V. (2018):
<https://www.deutscher-galopp.de/gr/aktuelles/meldungen/20180531-310518-news-zunge.php>, zuletzt abgerufen 24.08.2021, 16:17Uhr

Ding DC, Shyu WC, Lin CZ (2011):
Mesenchymal Stem Cells.
Cell Transplantation, 20, 5–14

Dixon PM (1982):
Arterial blood gas values in horses with laryngeal paralysis.
Equine Vet J, 14, 246–248

Dixon RM, Railton DI, Mc Gorum BC (1994):
Ventral *glottic* stenosis in three horses.
Equine Vet J, 26, 166–170

Dixon PM (1995):
A review of the role of the *epiglottis* in equine upper airway obstruction.
Equine Vet Educ, 7, 131–139

Dixon RM, Mc Corum BC, Railton DI, Hawe C, Tremaine WH, Darce K, Mc Cann J (2002): Clinical and endoscopic evidence of progression in 52 cases of equine recurrent laryngeal neuropathy (RLN).
Equine Vet J, 34, 29–34

Dixon PM, Robinson NE, Wade JF (2003):
Workshop summary.
In: Havemeyer Foundation (Hrsg.): Equine recurrent laryngeal neuropathy.
Monograph Series, 11, 93–97

Dixon RM, Mc Gorum BC, Railton DI, Hawe C, Tremaine WH, Dacre K, Mc Cann J (2003): Long-term survey of laryngoplasty and *ventriculocordectomy* in an older, mixed-breed population of 200 horses. Part 1: maintenance of surgical *arytenoid* abduction and complications of surgery.
Equine Vet J, 35, 389–396

Desmaizieres LM, Serraud N, Plainfosse B, Michel A, Tamzali, Y (2009):
Dynamic respiratory endoscopy without treadmill in 68 performance Standardbred, Thoroughbred and saddle horses under natural training conditions.
Equine Vet J, 41, 347–352

Draper ACE, Piercy RJ (2018):
Pathological classification of equine recurrent laryngeal neuropathy.
J Vet Intern Med, 32, 1397–1409

Ducharme NG, Horney F, Partlow GD, Hulland TJ (1989):
Attempts to restore abduction of the paralyzed equine *arytenoid* cartilage I. nerve-muscle pedicle transplants.
Can J Vet Res, 53, 202-209

Ducharme NG, Horney F, Hulland T J, Partlow G D, Schnurr D, Zutrauen K (1989):
Attempts to restore abduction of the paralyzed equine *arytenoid* cartilage II. Nerve implantation (pilot study).
Can J Vet Res 53, 210–215

Ducharme NG, Horney FD, Partlow GD, Hulland TJ (1989):
Attempts to restore abduction of the paralyzed equine *arytenoid* cartilage III. Nerve anastomosis.
Can J Vet Res, 53, 202–209

Ducharme NG, Hackett RP, Fubini SL, Erb HN (1991):
The reliability of endoscopic examination in assessment of *arytenoid* cartilage movement in horses. Part II. Influence of side of examination, reexamination, and sedation.
Vet Surg, 20, 180–184

Ducharme NG, Hackett RP (1991):
The value of surgical treatment of laryngeal *hemiplegia* in horses.
Education for the practicing Veterinarian, 13, 472–475

Ducharme NG, Hackett RP (1992):

Intermittent Dorsal Displacement of the Soft Palate.

In: Robinson N.E. (Hrsg.): Current Therapy in Equine Medicine

3. edition, Saunders, Philadelphia, 415–418

Ducharme NG (1992):

Dynamic pharyngeal collapse.

In: Robinson NE (Hrsg.): Current Therapy in Equine Medicine

3. edition, Saunders, Philadelphia, 283–285

Ducharme NG, Hackett RP, Ainsworth DM, Erb HN, Shannon KJ (1994):

Repeatability and normal values for measurement of pharyngeal and tracheal pressures in exercising horses

Am J Vet Res, 55, 368–374

Ducharme NG, Holcombe SJ (2001):

The function of the extrinsic and intrinsic musculature in stabilising the upper airways.

Proceedings of the World Equine Airways Symposium and Veterinary and Comparative Respiratory Society Annual Conference, Edinburgh. CD-Rom

Ducharme NG, Hackett RP, Woodie JB, Dykes N, Erb HN, Mitchell LM, Soderholm LV (2003):

Investigations into the role of the *thyrohyoid* muscles in the pathogenesis of dorsal displacement of the soft palate in horses.

Equine Vet J, 35, 258–263

Ducharme NG (2005):

Pharynx.

In: Auer JA and Stick JA (Hrsg.): Equine Surgery.

3. editon. Saunders Elsevier, St. Louis, 544–564

Ducharme NG (2006):

Pharynx.

In: Auer JA and Stick JA (Hrsg.): Equine Surgery.

3. editon. Saunders Elsevier, St Louis, 544–565

Ducharme NG (2007):

Update on tie-forward.

Proceedings of the Swedish Veterinary Medical Association Annual Conference, Stockholm

Ducharme NG, Cheetham J, Sanders I, Hermanson JW, Hackett RP, Soderholm LV, Mitchell LM (2010):

Considerations for pacing of the *cricoaarytenoid* dorsalis muscle by neuroprosthesis in horses.

Equine Vet J, 42, 534–540

Dugdale DJ, Greenwood RES (1993):

Some observations on conservative techniques for treating laryngopalatal dislocation (dorsal displacement of the soft palate) in the horse.

E Vet Educ, 5, 177–180

Duncan ID, Griffiths IR (1973):

Pathological changes in equine laryngeal muscles and nerves.

Proceedings of the 19th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, Atlanta, Georgia, 97–223

Duncan ID, Griffiths IR, Madrid RE (1978):

A light and electron microscopic study of the neuropathy of equine idiopathic laryngeal *hemiplegia*.

Neuropathol Appl Neurobiol, 4, 483–501

Duncan ID, Brook D (1985):

Bilateral laryngeal paralysis in the horse.

Equine Vet J, 17, 228–233

Duncan ID, Amundson J, Cuddon PA, Sufit R, Jackson KF, Lindsay WA (1991a):

Preferential denervation of the adductor muscles of the equine larynx I: Muscle pathology.

Equine Vet J, 23, 94–98

Duncan ID (1992):

Determination of the early age of onset of equine recurrent laryngeal neuropathy. 2. Nerve pathology.

Acta Neuropathol, 84, 316–321

Dupuis MC, Zhang Z, Druet T, Denoix JM, Charlier C, Lekeux P, Georges M (2011):

Results of a haplotype-based GWAS for recurrent laryngeal neuropathy in the horse.

Mamm Genome, 22, 613–620

Dupuis M C, Zhang Z, Durkin K, Charlier C, Lekeux P, Georges M (2013):

Detection of copy number variants in the horse genome and examination of their association with recurrent laryngeal neuropathy.

Anim Genet, 44, 206–208

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG (1991):

Anatomie der Haustiere.

Verlag: Ferdinand Enke, Stuttgart

Ekins S, Litterman NK, Arnold RJG, Burgess RW, Freundlich JS, Gray SJ, et al. (2015):

A brief review of recent Carcot Marie Tooth reserch and priorities.

F100 Res, 4, doi: 10.12688/f1000research.6160.1

FEI General Assembly: on the Vet side 2004.

Available from: <http://inside.fei.org/fei-solr-search/Tongue%20ties> (zuletzt abgerufen 12.08.2021, 21.23 Uhr)

Ferraro LF (1990):

Laryngeal Hemiplegia.

Current Practice of Equine Surgery, 251–255

- Fey K, Ohnesorge B (2016):
Krankheiten der Atmungsorgane
In: Handbuch Pferdepraxis. Brehm W, Gehlen H, Ohnesorge B, Wehrend A (Hrsg)
4. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Stuttgart, Enke Verlag, 321-344
- Findley J, Sealy H, Franklin SH (2015):
Factors associated with Tongue tie use in Australian 445 Standardbred racehorses.
Equine Vet J, 50, 18-19
- Findley JA, Sealy H, Franklin SH (2016):
Factors associated with tongue tie use in Australian Standardbred racehorses.
Equine Vet J, 48, 7-10
- Fjordbakk CT, Holcombe S, Fintl C, Chalmers H, Stand E (2012):
A novel treatment for dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion: The modified checkrein.
Equine Vet J, 44, 207–213
- Fjordbakk CT, Chalmers HJ, Holcombe SJ, Strand E (2013):
Results of upper airway radiography and ultrasonography predict dynamic laryngeal collapse in affected horses.
Equine Vet J, 45, 705–710
- Fleming G (1889):
Roaring in horses. Its history, nature, causes, prevention and treatment.
Verlag Baillière, Tindall and Cox, London, <https://doi.org/10.5962/bhl.title.100479>
- Franklin SH, Mc Lachlan C, Lane JG (2001):
The treatment of DDSP in Thoroughbred horses in Training in the UK, 1999–2000.
In: BEVA (Hrsg.): Proceedings of the 40th British Equine Veterinary Association Congress
- Franklin S H, Mc Lachlan C, Lane J G (2001):
The treatment of DDSP in Thoroughbred horses in Training in the UK, 1999–2000.
Proceedings of the 46th Congress of the British Equine Veterinary Association, Equine Veterinary Journal Ltd., Newmarket, 211
- Franklin SH, Naylor JRJ, Lane JG (2002):
The effect of a tongue-tie in horses with dorsal displacement of the soft palate.
Equine Vet J, 34, 430–433
- Franklin SH, Naylor JRJ, Lane JG (2002):
Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during highintensity exercise.
Equine Vet J, 34, 379–383
- Franklin SH, Naylor JRJ, Lane JG (2002a):
Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during high-intensity exercise.
Equine Vet J, 34, 379–383

- Franklin SH, Usmar SG, Lane JG, Shuttleworth J, Burn JF (2003):
Spectral analysis of respiratory noise in horses with upper airway disorders.
Equine Vet J, 35, 264–268
- Franklin SH, Price C, Burn JF (2004):
The displaced equine soft palate as a source of abnormal respiratory noise during expiration.
Equine Vet J, 36, 590–594
- Franklin SH, Naylor JR, Lane JG (2006):
Videoendoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high-speed treadmill.
Equine Vet J, 36, 540–545
- Franklin SH (2008):
Dynamic collapse of the upper respiratory tract: A review.
Equine Vet Educ, 20, 212–224
- Franklin SH, Burns JF, Allen KJ. (2008):
Clinical trials using a telemetric endoscope for use during over-ground exercise: a preliminary study.
Equine Vet J, 40, 712–715
- Franklin SH, Mc Cluskie L, Woodford NS, Tremaine WH, Bladon B, Lane JG, Barakzai S, Dixon P, Hillyer M, Allen KJ (2009):
A comparison of the efficacy of soft palate cauterization and the laryngeal tie-forward procedure in Thoroughbred racehorses with a definitive diagnosis of palatal dysfunction.
Proceedings of the Congress of the British Equine Veterinary Association.
Equine Vet J Ltd., Newmarket, 168
- Freeman DE (1990):
Dorsal Displacement of the Soft Palate
In: White NA, Moore JN (Hrsg.): Current practice of Equine surgery.
J B Lippincott Company Philadelphia, 230–236
- Froydenlund TJ, Dixon PM (2014):
A review of equine laryngoplasty complications.
Equine Vet Educ 26, 98–106
- Fu SY, Gordon T (1995):
Contributing factors to poor functional recovery after delayed nerve repair: prolonged denervation.
J Neurosci, 15, 3886–3895
- Fulton IC, Anderson BH, Stick JA, et al. (2012):
Larynx.
In: Auer JA, Stick JA, Equine surgery.
4th edition. St Louis (MO): Elsevier, 592–623

Fulton IC, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE, Walshaw R (1991)
Treatment of left laryngeal *hemiplegia* in Standardbreds, using a nerve muscle pedicle graft.
Am J Vet Res, 52, 1461–1466

Garrett KS, Woodie JB, Embertson RM, Pease AP (2009):
Diagnosis of laryngeal dysplasia in five horses using magnetic resonance imaging and ultrasonography.
Equine Vet J, 41, 766–71

Garrett KS (2010):
How to ultrasound the equine larynx.
Proc Am Assoc Equine Practnrs, 56, 249–256

Garrett KS, Woodie JB, Embertson RM (2011):
Association of treadmill upper airway endoscopic evaluation with results of ultrasonography and resting upper airway endoscopic evaluation.
Equine Vet J, 43, 365–371

Gehlen H, Zebisch A, Schutte A, Oel C, May A (2010):
Overground exercise endoscopy of upper airways in standardbreds, thoroughbreds and warmblood riding horses under normal training conditions.
Pferdeheilkd, 26, 344–352

Gigo-Benato D, Russo TL, Geuna S, Domingues NR, Salvini TF, Parizotto NA (2010):
Electrical stimulation impairs early functional recovery and accentuates skeletal muscle atrophy after sciatic nerve crush injury in rats.
Muscle Nerve, 41, 685–693

Gilbert GH (1982):
Laryngeal *hemiplegia* following jugular injury.
J Am Vet Med Assoc, 161, 1686–1687

Gille D, Lavoie JP (1996):
Review of Seven Cases of Ulcer of Soft Palate.
Equine Prac, 18, 9–13

Go LM, Barton AK, Ohnesorge B (2013):
Evaluation of laryngeal function under the influence of various head and neck positions during exercise in 58 performance horses.
Equine Vet Educ, doi: 10.1111/eve.12091

Go LM, Barton AK, Ohnesorge B (2014):
Pharyngeal diameter in various head and neck positions during exercise in sport horses.
BMC Vet Res, 10, 117, <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-117>

Go LM, Barton AK, Ohnesorge B (2014):
Objective classification of different head and neck positions and their influence on the radiographic pharyngeal diameter in sport horses.
BMC Vet Res, 10, 118 <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-118>

Gorris B (2001):

Literaturstudie zur Methode der operativen Nervenverpflanzung.
Freie Univ. Berlin, Diss. med. vet.

Goulden BE, Anderson LJ, Cahill JI (1985):

Roaring in Clydesdales.
N Z Vet J, 33, 73–76

Gratzl E (1933):

Tierärztl. Rdsch. 39,1

Cited in: Cook, WR (1962) Clinical observations on the equine soft palate.

Proceedings of the 1st Annual British Equine Veterinary Association Congress, 5–9

Gray SM, Gutierrez-Nibeyro SD, Erica J. Secor EJ (2019):

Partial *arytenoidectomy* in 14 standing horses (2013–2017).

Vet Surg, 48, 473–480

Gray SM, Gutierrez-Nibeyro SD, Couëtill LL, Horn GP, Kesler RM, Mc Coy AM, Matt C, Stewart MC, David J, Schaeffer DJ (2021):

Evaluation of the airway mechanics of modified toggle laryngoplasty constructs using a vacuum chamber airflow model.

Vet Surg, early view (<https://doi.org/10.1111/vsu.13690>, zuletzt abgerufen 19.08.2021 10.58Uhr)

Greet TRC (1995):

Experiences in treatment of epiglottal entrapment using a hook knife per nasum.

Equine Vet J, 27, 122–126

Griffiths IR (1991):

The pathogenesis of equine laryngeal *hemiplegia*.

Equine Vet J, 23, 75–76

Görnemann W (1939):

Kehldeckelmißbildungen als Ursache expiratorischen Kehlkopfpfeifens.

Deutsche tierärztl Wochenschr, 45, 38–39

Günther K (1866):

Die topographische Myologie des Pferdes.

Grimpe, Hannover.

Zitiert nach: Speirs VC (1987): Laryngeal surgery - 150 years.

Equine Vet J, 19, 377–383

Günther K (1893):

Studien über das Kehlkopfpfeifen der Pferde.

Dtsch tierärztl Wschr, 1, 145

Hackett RP, Ducharme NG, Fubini SL, Erb HN (1991):
The reliability of endoscopic examination in assessment of *arytenoid* cartilage movement in horses. Part I: Subjective and objective laryngeal evaluation.
Vet Surg, 20, 174–179

Hackett RP, Ducharme NG (1993):
Soft palate displacement–Pathophysiology and treatment.
21st Annu. Forum Am. Coll. Vet Surg, 179–181

Hackett ES, Leise BS (2019):
Exercising upper respiratory videoendoscopic findings of 50 competition draught horses with abnormal respiratory noise and/ or poor performance.
Equine Vet J, 51, 370–374

Hahn CN, Matiasek K, Dixon PM, Molony V, Rodenacker K, Mayhew IG (2008):
Histological and ultrastructural evidence that recurrent laryngeal neuropathy is a bilateral mononeuropathy limited to recurrent laryngeal nerves.
Equine Vet J, 40, 666–672

Hardcastle MR, Pauwels FE, Collett MG (2012):
Clinicopathologic observations on laryngoplasty failure in a horse.
Vet Surg, 41, 649–53

Harms E (1906):
Erfahrungen bei der Untersuchung von Kehlkopfpfeifern.
Berliner tierärztl Wochenschr, 97, 4–9

Harrison IW, Raker CW (1988):
Sternothyrohyoideus myectomy in horses: 17 cases (1984–1985).
J Am Vet Med Assoc, 193, 1299–1302

Havemeyer (2003):
Havemeyer Foundation Monograph Series No. 11. Proceedings of a Workshop on Equine Recurrent Laryngeal Neuropathy.
Dixon PM, Robinson E and Wade JF
7th, Stratford upon Avon, UK

Hawkes CS, Hahn CN, Dixon PM (2010):
Histological and histochemical characterisation of the equine soft palate muscles.
Equine Vet J, 42, 431–437

Hawkins JF, Tulleners EP (1994):
Epiglottitis bei Pferden: 20 Fälle (1988–1993).
J Am Vet Med Assoc, 205, 1577–1580

Haynes PF (1978):
Surgical failures in upper respiratory surgery.
Proc. 24th Ann. Conv. Am Ass Equine Pract, 24, 223–249

Haynes PF (1981):

Persistent Dorsal Displacement of the Soft Palate Associated with *Epiglottic* Shortening in Two Horses.

J Am Vet Med Assoc, 179, 677–681

Haynes PF (1983):

Dorsal displacement of the soft palate and *epiglottic entrapment*: Diagnosis, management and interrelationship.

Comp cont Educ, 5, 379–388

Haynes PF (1984):

Surgery of the equine respiratory tract. Jennings PB (Hrsg.): The Practical of Large Animal Surgery (1), WB Saunders Company, 423–431

Heffron CJ, Baker GJ (1979):

Observations on the mechanism of functional obstruction of the nasopharyngeal airway in the horse.

Equine Vet J, 11, 142–147

Hillidge CJ (1986):

Interpretation of laryngeal function tests in the horse.

Vet Rec, 118, 535–536

Hobo S, Matsuda Y, Yoshida K (1995):

Prevalence of upper respiratory tract disorders detected with a flexible videoendoscope in thoroughbred racehorses.

Jap J Vet Sci, 57, 409

Hockenhuil J, Creighton E (2013):

The use of equipment and training practices and the prevalence of owner-reported ridden behaviour problems in UK leisure horses.

Equine Vet J, 45, 15–19

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE, Boehler DA (1996):

Effect of nasal occlusion on tracheal and pharyngeal pressures in horses.

Am J Vet Res, 57, 1258–1260

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1997):

Effects of bilateral hypoglossal and *glossopharyngeal* nerve blocks on *epiglottic* and soft palate position in exercising horses.

Am J Vet Res, 58, 1022–1026

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1997a):

Effect of bilateral tenectomy of the tensor veli palatini muscle on soft palate function in the horse.

Am J Vet Res, 58, 317–321

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1997b):
Effects of bilateral *hypoglossal* and *glossopharyngeal* nerve blocks on *epiglottic* and soft palate position in exercising horses.
Am J vet Res, 58, 1022–1026

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1998):
Bilateral nerve blockade of the pharyngeal branch of the vagus nerve produces persistent soft palate dysfunction in horses.
Am J vet Res, 59, 504–508

Holcombe SJ, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1999):
Pathophysiology of dorsal displacement of the soft palate in horses.
Equine Vet J, 30, 45–48

Holcombe SJ (2001):
Diagnosis and conservative treatment of dorsal displacement (DDSP) of the soft palate in horses.
Proc. of the 1st Surgical Forum of the European College of Veterinary Surgeons 2001, 185–193

Holcombe SJ, Derksen FJ, Berney C, Becker AC, Horner NT (2001):
Effect of topical anesthesia of the laryngeal mucosa on upper airway mechanics in exercising horses.
Am J Vet Res, 62, 1706–1710

Holcombe SJ, Cornelisse CJ, Berney C, Robinson NE (2002):
Electromyographic activity of the *hyoepiglotticus* muscle and control of *epiglottis* position in horses.
Am J Vet Res, 63, 1617–1621

Holcombe SJ, Derksen FJ, Robinson NE (2007):
Electromyographic activity of the palatinus and palatopharyngeus muscles in exercising horses.
Equine Vet J, 39, 451–455

Holcombe SJ, Ducharme NG (2007):
Disorders of the Nasopharynx and Soft Palate. B.C. McGorum (Hrsg.): Equine respiratory medicine and surgery.
Saunders/Elsevier, Edinburgh, 437–455

Holcombe SJ, Ducharme NG (2007):
Disorders of the nasopharynx and soft palate. Textbook of Equine Respiratory Medicine and Surgery, Eds: Mc Gorum BC, Dixon PM, Robinson N E, Schumacher J, Elsevier, Edinburgh, 437–457

Honnas CM, Schumacher J, Dean PW (1990):
Laryngeal *hemiplegia* in horses: Diagnosis and surgical management.
Vet Med, 1990, 752–763

Hurtel d'Arboval LHJ (1826):

Dictionnaire De Médecine Et De Chirurgie Vétérinaires, 1st edn., J.B. Baillière, Paris. Cited In: Cook WR (1962) Clinical observations on the equine soft palate.

In: Proceedings of the 1st Annual British Equine Veterinary Association Congress, 5–9

Hutyra G, Marek F, Mannager T (1938):

Paralysis of the recurrent nerve.

Special Pathology and Therapeutics of the Diseases of Domestic Animals.

4. edition, Balliere, Tindall and Cox, London 3, 401–410

Ibi T, Miyake T, Hobo S, Oki H, Ishida N, Sasaki Y (2003):

Estimation of heritability of laryngeal *hemiplegia* in the thorough- bred horse by Gibbs sampling.

J Equine Sci, 14, 81–86

Ji JF, He BP, Dheen ST, Tay SSW (2004):

Interactions of Chemokines and Chemokine Receptors Mediate the Migration of Mesenchymal Stem Cells to the Impaired Site in the Brain After *Hypoglossal* Nerve Injury. Stem Cells, 22, 415–427

Jiang L, Jones S, Jia X (2017):

Stem Cell Transplantation for Peripheral Nerve Regeneration: Current Options and Opportunities.

Int J Mol Sci, 18, 94, doi: 10.3390/ijms18010094

Joó K, Povázsai Á, Nyerges-Bohák Z, Szenci O, Kutasi O (2021):

Asthmatic Disease as an Underlying Cause of Dorsal Displacement of the Soft Palate in Horses.

J Equine Vet Sci, 96, 103308 doi: 10.1016/j.jevs.2020.103308

Kannegieter NJ, Dore ML (1995):

Endoscopy of the upper respiratory tract during treadmill exercise: a clinical study of 100 horses.

Aust Vet J, 72, 101–107

Kästner SBR, Weishaupt MA, Townsend HGG (1998):

Evaluation of the upper respiratory tract in the horse during treadmill exercise - A review. Part I.: Endoscopy.

Pferdeheilkunde, 14, 33–40

Kenny M, Cercone M, Rawlinson JJ, Ducharme NG, Bookbinder L, Thompson M, Cheetham J (2017):

Transoesophageal ultrasound and computer tomographic assessment of the equine *cricoarytenoid* dorsalis muscle: Relationship between muscle geometry and exercising laryngeal function.

Equine Vet J, 49, 395-400

- Kern H, Salmons S, Mayr W, Rossini K, Carraro U (2005):
Recovery of long-term denervated human muscles induced by electrical stimulation.
Muscle Nerve, 31, 98–101
- Kieffer PH, Aceto H, Stefanovski D, Parente EJ (2018):
Using quarterly earnings to assess racing performance in 66 thoroughbreds after
transendoscopic laser surgery for treatment of *epiglottic entrapment*.
Vet Surg, 47, 605–613
- King DS, Tulleners E, Martin BB Jr, et al. (1997):
Transendoscopic Nd:YAG laser excision of the membranous portion of the *aryepiglottic* folds
for treatment of axial deviation of the *aryepiglottic* folds in racehorses: 15 cases (1993–1996).
Proceedings of the 7th Annual American College of Veterinary Surgeons Symposium, Orlando,
FL, 11–12
- King DS, Tulleners E, Martin BB Jr, Parente EJ, Boston R (2001):
Clinical experiences with axial deviation of the *aryepiglottic* folds in 52 racehorses.
Vet Surg, 30, 151–160
- Kobayashi J, Mackinnon SE, Watanabe O, Ball DJ, Gu XM, Hunter DA, Kuzon WM Jr (1997):
The effect of duration of muscle denervation on functional recovery in the rat model.
Muscle Nerve, 20, 858–866
- König HE (2005):
Anatomie der Haussäugetiere. Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis.
3. Auflage. Verlag Schattauer, Stuttgart
- Kumar P, Timoney JF, Sheoran AS (2001):
M cells and associated lymphoid tissue of the equine nasopharyngeal tonsil.
Equine Vet J, 33, 224–230
- Kuehn DP, Folkins JW, Cutting JW (1982):
Relationships between muscle activity and velar position.
Cleft Palate J, 19, 25–35
- Lacourt M, Marcoux M (2011):
Treatment of *epiglottic entrapment* by transnasal axial division in standing sedated horses
using a shielded hook bistoury.
Vet Surg, 40, 299–304
- Lafrentz JR, Brietzke SE, Mair EA (2003):
Evaluation of palatal snoring surgery in an animal model.
Otolaryngol Head Neck Surg 129, 343–352

Lane JG (1987):

Fibreoptic endoscopy of the equine upper respiratory tract: A commentary on progress. *Equine Vet J*, 19, 495–499

Lane JG, Ellis DR, Greet TRC (1987):

Observations on the examination of Thoroughbred yearlings for idiopathic laryngeal *hemiplegia*.

Equine Vet J, 19, 531–536

Lane JG (1993):

Equine recurrent laryngeal neuropathy (RLN) : Current attitudes to aetiology, diagnosis and treatment.

Proceedings of the Bain Fallon Memorial Lectures, *Aus Vet Assoc*, 15, 173–192

Lane JG (1993):

Dorsal Displacement of the Soft Palate (DDSP), *Epiglottal Entrapment* and related conditions.

Proceedings of the Bain-Fallon Memorial Lectures, *Aus Vet Assoc*, 15, 193–206

Lane JG, Bladon B, Little DR, Naylor JR, Franklin SH (2006a):

Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 1: observations during high-speed treadmill endoscopy of 600 Thoroughbred racehorses.

Equine Vet J, 38, 393–399

Lane JG, Bladon B, Little DR, Naylor JR, Franklin SH (2006b):

Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 2: comparison of endoscopic findings at rest and during high-speed treadmill exercise of 600 Thoroughbred racehorses.

Equine Vet J, 38, 401–408

Lane JG (2012):

Complications of wind surgery and what to do about them.

Proceedings of the Association of Racecourse Veterinary Surgeons Summer Meeting, Loughborough

Lawrence RH, Butterell MJ, Constable JD, Daniel M (2018):

Hold your horses: A comparison of human laryngomalacia with analogous equine airway pathology.

Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 105, 167–170

Leutton JL, Lumsden JM (2015):

Dynamic respiratory endoscopic findings pre- and post laryngoplasty in Thoroughbred racehorses.

Equine Vet J, 47, 531–536

Lim JY, Han TR (2010):

Effect of electromyostimulation on apoptosis-related factors in denervation and reinnervation of rat skeletal muscles.

Muscle Nerve 42, 422-430

Lindenberg I (2019):

Zungenbandeinsatz in Deutschland- Auswirkungen auf ausgewählte Blutparameter, Herzfrequenzvariabilität und Verhalten bei Rennpferden während des Trainings.
Mensch und Buch Verlag, Freie Universität Berlin, Diss. vet. med.

Linford RL, O'Brien TR, Wheat JD, Meagher DM (1983):

Radiographic assessment of *epiglottic* length and pharyngeal and laryngeal diameters in the Thoroughbred.
Am J Vet Res, 44, 1660–1666

Loew FM (1973):

Thiamine and equine laryngeal *hemiplegia*.
Vet Rec, 92, 372–373

Love FM, Son YJ, Thompson WJ (2003):

Activity alters muscle reinnervation and terminal sprouting by reducing the number of Schwann cell pathways that grow to link synaptic sites.
J Neurobiol, 54, 566–576

Lumsden JM, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE, Nickels FA (1994):

Evaluation of partial *arytenoidectomy* as a treatment for equine laryngeal *hemiplegia*.
Equine Vet J, 26, 125–129

Lumsden JM, Stick JA, Caron JP, Nickels FA (1994):

Surgical treatment for *epiglottic entrapment* in horses: 51 cases (1981–1992).
J Am Vet Med Assoc, 205, 729–735

Mackay-Smith MP, Marks D (1968):

Clinical diagnosis of laryngeal *hemiplegia* in horses.
Proc 14th Ann Conv, Am Ass Equine Pract, 14, 227–238

Manneveau G, Lecallard J, Thorin C, Pamela H, Tessier C (2018):

Comparison of morphological changes and tactile sensitivity of the pharynx and larynx between four standing sedative and analgesic protocols in eight adult healthy horses.
Vet Anaesth Analg, 45, 477–486

Mangold S (2011):

Arten wissenschaftlicher Publikationen.

<http://www.springer.com/978-3-642-17201-4>. Download („Online Special“) zu:
Evidenzbasiertes Arbeiten in der Physio- und Ergotherapie. Reflektiert - systematisch - wissenschaftlich fundiert. Springer Medizin, Berlin, Heidelberg

Marcoux M, Picandet V, Céleste C, Macieira S, Morisset S, Rossier Y, Schambourg M, Jean D (2008):

Palatal *sclerotherapy*: a potentially useful treatment of intermittent dorsal displacement of the soft palate in juvenile standardbred racehorses.
Can Vet J, 49, 587–591

- Marks D, Mackay-Smith MP, Cushing LS, Leslie JA (1970a):
Etiology and diagnosis of laryngeal *hemiplegia* in horses.
J Am Vet Med Assoc, 157, 429–436
- Marks D, Mackay-Smith MP, Cushing LS, Leslie JA (1970b):
Use of a prosthetic device for surgical correction of laryngeal *hemiplegia* in horses.
J Am Vet Med Assoc, 157, 157–163
- Marsh L, Franklin SH (2017):
The effect of tongue-tie application on stress responses in resting horses.
World Equine Airways Symposium, Kopenhagen, Dänemark, 13.-15.07.2017
- Marsh L, Mc Greevy P, Hazel S, Santos L, Hebart M, Franklin SH (2019):
The effect of tongue-tie application on stress responses in resting horses.
bioRxiv, <https://doi.org/10.1101/634717>, zuletzt abgerufen 18.07.2021, 19.50 Uhr
- Martin BB Jr, Reef VB, Parente BE, Sage AD (2000):
Causes of poor performance of horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992–1996).
J Am Vet Med Assoc, 216, 554–55
- Marqueste T, Decherchi P, Desplanches D, Favier R, Grelot L, Jammes Y (2006):
Chronic electrostimulation after nerve repair by self-anastomosis: effects on the size, the mechanical, histochemical and biochemical muscle properties.
Acta Neuropathol, 111, 589–600
- Mason BJ, Riggs CM, Cogger N (2013):
Cohort study examining long-term respiratory health, career duration and racing performance in racehorses that undergo left-sided prosthetic *laryngoplasty* and *ventriculocordectomy* surgery for treatment of left-sided laryngeal *hemiplegia*.
Equine Vet J, 45, 229–234
- Mc Carrel TM, Woodie JB (2015):
Update on Laryngeal Disorders and Treatment.
Vet Clin North Am Equine Pract, 31, 13–26
- Mc Cluskie LK, Merriam AG, Franklin SH (2006):
A histological examination of the *aryepiglottic* folds.
45th BEVA Congress, 322
- Mc Givney CL, Sweeney J, Gough KF, Hill EW, Katz LM (2019):
Impact of pharyngeal endoscopic tip placement and water flushing interval on upper respiratory tract disorders in horses undergoing overground endoscopy.
Equine Vet J, 51, 173–178
- Mc Givney CL, Sweeney J, Gough KF, Hill, EW, Katz LM (2019):
Serial evaluation of resting and exercising overground endoscopic examination results in young Thoroughbreds with no treatment intervention.
Equine Vet J, 52, 192–197

Mc Givney CL, Gough KF, Mc Givney BA, Farries G, Hill EW, Katz LM (2019):
Exploratory factor analysis of signalment and conformational measurements in Thoroughbred horses with and without recurrent laryngeal neuropathy.
Equine Vet J, 51, 179–184

McGreevy P, Berger J, de Brauwere N, Doherty O, Harrison A, Fiedler J, Jones C, McDonnell S, McLean A, Nakonechny L, Nicol C, Preshaw L, Thomson P, Tzioumis V, Webster J, Wolfensohn S, Yeates J, Jones B (2018):
Using the Five Domains Model to Assess the Adverse Impacts of Husbandry, Veterinary, and Equitation Interventions on Horse Welfare.
Animals (Basel) 8, 41. doi: 10.3390/ani8030041

Mc Greevy P, Mc Lean A, Buckley P, Mc Conaghy F, Mclean C (2011):
How riding may affect welfare: What the equine veterinarian needs to know.
Equine Vet Educ, 23, 531–539

Mc Greevy P, Warren-Smith A, Guisard Y (2012):
The effect of double bridles and jaw-clamping crank nosebands on temperature of eyes and facial skin of horses.
Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research, 7, 142–148

Mc Lean AN, Mc Greevy PD (2010):
Horse-training techniques that may defy the principles of learning theory and compromise welfare.
Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research, 5, 187–195

Miller S and Carstens A (2019):
Ultrasonographic findings post laryngoplasty in the horse.
Vet Radiol Ultrasound, 60, 707–716

Moon JB, Smith AE, Folkins JW (1991):
Coordination of *velopharyngeal* muscle activity during positioning of the soft palate.
Cleft Palate Craniofac J, 101, 1332–1335

Morris EA, Seeherman HJ (1988):
The dynamic evaluation of upper respiratory function in exercising horses.
Proc Am Ass Equine Practnrs, 34, 159

Morris EA, Seeherman HJ (1990):
Evaluation of upper respiratory tract function during strenuous exercise in racehorses.
J Am Vet Med Assoc, 196, 431–438

Morris EA (1991):
Dynamic evaluation of the equine upper respiratory tract.
Vet Clin North Am E Pract, 7, 403–416

Muñoz JA, Marcoux M, Picandet V, Theoret CL, Perron MF, Lepage OM (2010):
Histological and biomechanical effects of palatal sclerotherapy in the horse using sodium tetradecyl sulfate.

Vet J, 185, 316–321

Nickel E, et al. (1992).

Band IV: Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen.

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. E. Nickel, A. Schummer and E. Seiferle
Elsevier

Noschka E, Porter DBW, Franklin SH, Caraguel CCB (2021):

Tongue-tie use in Thoroughbred racehorses in Australia.

Aust Vet J, 99, 344–350

Ohnesorge B (1990):

Hemiplegia laryngis bei Warmblutpferden - eine Untersuchung an Hengsten, Stuten und deren Nachkommen.

Tierärztl. Hochschule Hannover, Diss. med. vet.

Ohnesorge B, Deegen E, Miesner K, Geldermann H (1993):

Hemiplegia laryngis bei Warmblutpferden - eine Untersuchung an Hengsten, Stuten und deren Nachkommen.

J Vet Med Assoc, 40, 134–154

Ohnesorge B, Deegen E (1994):

Follikuläre Hyperplasie der Pharynxschleimhaut bei Fohlen und erwachsenen Pferden.
Pferdeheilkd, 10, 23–29

Ohnesorge B, Deegen E, Brandt K (1994a):

Zur Therapie von Stenosen der oberen Atemwege.

Bundesverband Prakt. Tierärzte (Hrsg.): Kongressbericht BPT-Kongress Braunschweig, 9-10

Ohnesorge B, Deegen E (1998):

Transendoskopische Laserchirurgie der belastungsinduzierten Dorsalverlagerung des Gaumensegels.

Dtsch Vet Med Gesellsch (Hrsg.): Bericht der 15. Jahrestagung der Fachgruppe „Pferdekrankheiten“ der DVG Wiesbaden, 19.-20.03.1998, DVG-Selbstverlag, 190–199

Ordidge RM (2001):

The treatment of dorsal displacement of the soft palate by thermal cautery: a review of 252 cases.

In: Proceedings of the 2nd World Equine Airways Symposium and Veterinary and Comparative Respiratory Society Annual Conference, Edinburgh, CD-Rom

Ortved KF, Cheetham J, Mitchell LM, Ducharme NG (2010):

Successful treatment of persistent dorsal displacement of the soft palate and evaluation of laryngochoyoid position in 15 racehorses.

Equine Vet J, 42, 23–29

Parente EJ, Martin BB, Tulleners EP, Ross MW (1994):
Upper respiratory dysfunction in the horse during high-speed exercise.
Proc Am Assoc Equine Pract, 40, 81–82

Parente EJ, Martin BB (1995):
Correlation between standing endoscopic examinationa and those made during high-speed
exercise in horses: 150 cases
In: American Association of Equine Practitioners (Hrsg.): Proceedings of the 41th AAEP
Annual Convention, 170–171

Parente E J (1997):
Treadmill endoscopy.
In Traub-Dargatz JL, Brown CM (eds): Equine Endoscopy (ed 2).
St. Louis , MO , Mosby, 107–116

Parente EJ, Martin BB, Tulleners EP (1998):
Epiglottic retroversion as a cause of upper airway obstruction in two horses.
Equine Vet J, 30, 270–272

Parente EJ, Martin BB, Tulleners EP, Ross MW (2002):
Dorsal Displacement of the Soft Palate in 92 Horses During High-Speed Treadmill Examination
(1993–1998).
Vet Surg, 31, 507–512

Parente EJ, Tulleners EP, Southwood LL (2008):
Long-term study of partial *arytenoidectomy* with primary mucosal closure in 76 Thoroughbred
racehorses (1992–2006).
Equine Vet J, 40, 214–218

Parente EJ, Birks EK, Habecker P (2011):
A modified laryngoplasty approach promoting *ankylosis* of the *cricoarytenoid* joint.
Vet Surg, 40, 204–210

Parente EJ, Franklin SH, Derksen FJ, Weishaupt MA, Chalmers HJ, Tessier C (2012):
Diagnostic techniques in equine upper respiratory tract disease.
In: Stick J A, Auer J A, editors. Equine surgery.
4th ed. Philadelphia: W B Saunders, 536–557

Parente EJ (2018):
Fifty years of recurring struggles with recurrent laryngeal neuropathy.
Equine Vet J, 50, 155–158

Pascoe JR (1990):
Pathophysiology of Upper Airway Obstruction.
Current Practice of Equine Surgery (2000), 213–216

- Peloso JG, Stick JA, Nickels FA, Lumdsen JM, Derksen FJ (1992):
Epiglottic augmentation by use of *polytetrafluorethylene* to correct dorsal displacement of the soft palate in a Standardbred horse.
J Am Vet Med Assoc, 201, 1393–1395
- Perkins JP, Hughes TK, Brain B (2007):
Endoscopic-guided, transoral axial division of an *entrapping epiglottic* fold in fifteen standing horses.
Vet Surg, 36, 800-803
- Perkins J, Salz RO, Schumacher J, Livesey L, Piercy RJ, Barakzai SZ (2009):
Variability of resting endoscopic grading for assessment of recurrent laryngeal neuropathy in horses.
Equine Vet J, 41, 342–346
- Perkins JD, Raffetto J, Thompson C, Weller R, Piercy RJ, Pfau T (2010):
Three-dimensional biomechanics of simulated laryngeal abduction in horses.
Am J Vet Res, 71, 1003–1010
- Perkins JD, Meighan H, Windley Z, Troester S, Piercy R, Schumacher J (2011):
In vitro effect of *ventriculocordectomy* before laryngoplasty on abduction of the equine *arytenoid* cartilage.
Vet Surg, 40, 305–310
- Pigott JH, Ducharme NG, Mitchell LM, Soderholm LV, Cheetham J (2010):
Incidence of swallowing during exercise in horses with dorsal displacement of the soft palate.
Equine Vet J, 38, 393–399
- Pinheiro-Dardis CM, Erbereli BT, Gigo-Benato D, Pats C, Russo TL (2017):
Electrical stimulation delays reinnervation in denervated rat muscle.
Muscle Nerve, 56, 108-118
- Pollock PJ, Reardon RJM (2009):
Dynamic respiratory endoscopy without a treadmill: Initial experiences.
Equine Vet Educ, 21, 367–370
- Pollock PJ, Reardon RJM, Parkin TDH, Johnston MS, Tate J, Love S (2009):
Dynamic respiratory endoscopy in 67 Thoroughbred racehorses training under normal ridden exercise conditions.
Equine Vet J, 41, 354–360
- Pollock P, Perkins J, Kelly P, Reardon R (2016):
Longitudinal overground endoscopy findings for conservative management of DDSP.
European College of Veterinary Surgeons Annual Scientific Meeting ECV, Lisbon, Portugal
- Porter D, Caraguel C, Noschka E, Franklin SH (2017):
Tongue-tie use in Australian Thoroughbred horses over a 5 year period (2009–2013).
World Equine Airways Symposium, Kopenhagen, Dänemark, 13.-15.07.2017

- Poyrazoglu E, Dogru S, Saat B, Güngör A, Cekin E, Cincik H (2006):
Histologic effects of injection snoreplasty and radiofrequency in the rat soft palate. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 135, 561–564
- Priest DT, Cheetham J, Regner AL, Mitchell L, Soderholm LV, Tamzali Y , Ducharme NG (2012):
Dynamic respiratory endoscopy of Standardbred racehorses during qualifying races. *Equine Vet J*, 44, 529–534
- Quinlan J, Van Rensburg SWJ, Starke NC (1949):
The soft palate (*palatinum molle*) as a cause of dyspnoea in two racehorses. *J S Afr Vet Ass*, 20, 125–127
- Radcliffe CH, Woodie JB, Hackett RP, Ainsworth DM, Erb HN, Mitchell LM, Soderholm LV, Ducharme NG (2006):
A comparison of laryngoplasty and modified partial *arytenoidectomy* as treatments for laryngeal *hemiplegia* in exercising horses. *Vet Surg*, 35, 643–652
- Raker CW (1975):
Endoscopy of the upper respiratory tract of the horse.
In: American Association of Equine Practitioners (Hrsg.): Proceedings of the 21st AAEP Annual Convention, 23–28
- Raker CW, Boles CL (1978):
Pharyngeal lymphoid hyperplasia in the horse. *J Equine Med Surg*, 2, 202–207
- Rakesh V, Datta AK, Ducharme NG, Pease AP (2008):
Simulation of turbulent airflow using a CT based upper airway model of a racehorse. *J Biomech Eng*, 130, 031011, doi: 10.1115/1.2913338
- Rakesh V, Ducharme NG, Cheetham J, Datta AK, Pease AP (2008):
Implications of different degrees of *arytenoid* cartilage abduction on equine upper airway characteristics. *Equine Vet J*, 40, 629–635
- Rakesh V, Rakesh NG, Datta AK, Cheetham J, Pease AP (2008):
Development of equine upper airway fluid mechanics model for thoroughbred racehorses. *Equine Vet J*, 40, 272–279
- Rakestraw PC, Hackett RP, Ducharme NG, Nielan GJ, Erb HN (1991):
Arytaenoid cartilage movement in resting and exercising horses. *Vet Surg*, 20, 122–127
- Randle H, Mc Greevy P (2012):
The effect of noseband tightness on rein tension in the ridden horse. *J Vet Behav Clin Appl Res*, 8, 18–19

Raphel CF (1982):

Endoscopic findings in the upper respiratory tract of 479 horses.

J Am Vet Med Assoc, 181, 470–473

Raphel CF, Soma LA (1982):

Exercise-induced pulmonary hemorrhage in thoroughbreds after racing and breezing.

Am J Vet Res, 43,1123–1127

Reardon R, Bladon BM, Lane JG (2007):

Oral palatopharyngoplasty for treatment of horses with signs associated with intermittent dorsal displacement of the soft palate. A case-control study in 78 racing Thoroughbreds.

In: Proceedings of the Congress of the British Equine Veterinary Association, Equine Veterinary Journal Ltd, Newmarket, 298

Reardon R, Bladon BM, Fraser BSL, Heller J, Lischer C (2008a):

The use of race winnings and ratings to assess the effect of thermocautery of the soft palate for treatment of horses with signs associated with intermittent dorsal displacement. A case control study in 110 racing Thoroughbreds.

Equine Vet J, 40, 508–513

Reardon R, Fraser BSL, Bladon BM (2008b):

Laryngeal tie-forward combined with thermocautery for treatment of horses with signs associated with intermittent dorsal displacement of the soft palate: a case-control study in British racing Thoroughbreds.

In: Proceedings of the Congress of the British Equine Veterinary Association, Equine Veterinary Journal Ltd, Newmarket, 340

Rehder RS, Ducharme NG, Hackett RP, Nielan GJ (1995):

Measurement of upper airway pressures in exercising horses with dorsal displacement of the soft palate.

Am J Vet Res, 56, 269–274

Reutter H, Straub R, Gerber H (1994):

Diagnostik der idiopathischen Hemiplegia laryngis (IHL) beim Pferd: Videoendoskopische Untersuchungen in Ruhe und während Atemstimulation.

Pferdeheilkunde, 10, 397–405

Robertson JT (1991):

Larynx and pharynx.

In: Equine Respiratory Disorders.

Ed: Beech J, Lea and Febiger, Philadelphia, 331–387

Robertson JT, Ducharme. ND (2005):

Disorders of the pharynx and larynx.

In: Equine Respiratory Diseases.

Ed: Lekeux P, International Veterinary Informaton Service
Ithaca www.ivis.org Document No. B0313.OXOS

- Robinson NE, Sorenson PR (1978):
Pathophysiology of airway obstruction in horses: A review.
J Am Vet Med Assoc, 172, 299-303
- Robinson NE (2004):
Consensus statements on equine recurrent laryngeal neuropathy: conclusions of the Havemeyer Workshop.
Equine Vet Educ, 16, 333–336
- Robinson P, Derksen FJ, Stick JA, Sullins KE, Detolve PG, Robinson NE (2006):
Effects of unilateral laser-assisted *ventriculocordectomy* in horses with laryngeal *hemiplegia*.
Equine Vet J, 38, 491–496
- Robinson N E, Furlow P W (2007):
Anatomy of the Respiratory System.
In: McGorum BC (Hrsg.): Equine respiratory medicine and surgery.
Saunders/Elsevier, Edinburgh, 3–17
- Rooney JR, Delaney FM (1970):
An hypothesis on the causation of laryngeal *hemiplegia* in horses.
Equine Vet J, 2, 35–37
- Rose RJ (1978):
Acute laryngeal paralysis in Arabian foals.
Aust vet J, 54, 154
- Rose RJ, WJ Hartley WJ, Baker W (1981):
Laryngeal paralysis in Arabian foals associated with oral *haloxon* administration.
Equine Vet J, 13, 171–176
- Russell T, Wainscott M (2007):
Treatment in the field of 27 horses with *epiglottic entrapment*.
Vet Rec, 161, 187-189
- Ross MW, Gentile DG, Evans LE (1993):
Transoral axial division, under endoscopic guidance, for correction of *epiglottic entrapment* in horses.
J Am Vet Med Ass, 203, 416-420
- Rossignol F, Brandenberger O, Perkins JD, Marie JP, Mespoulhès-Rivière C, Ducharme NG (2018):
Modified first or second cervical nerve transplantation technique for the treatment of recurrent laryngeal neuropathy in horses.
Equine Vet J, 50, 457–464
- Russo TL, Peviani SM, Freria CM, Gigo-Benato D, Geuna S, Salvini TF (2007):
Electrical stimulation based on *chronaxie* reduces *atrogin-1* and *myoD* gene expressions in denervated rat muscle.
Muscle Nerve, 35, 87–97

Sandersen C, Ceusters J, Fourez A, Tosi I, Graide H, Lejeune JP, Serteyn D (2018):
Nerve Stimulator-guided Injection of Autologous Stem Cells Near the Equine Left Recurrent
Laryngeal Nerve.

J Vis Exp, 139, 58023 doi: 10.3791/58023

Satoh M, Higuchi T, Inoue S, Miyakoshi D, Kajihara A, Gotoh T, Shimizu Y (2020):
External transcutaneous ultrasound technique in the equine *cricoarytenoideus dorsalis*
muscle: Assessment of muscle size and echogenicity with resting endoscopy.

Equine Vet J, 52, 500–508

Schebitz H (1964):

Diagnosis and results of surgery in *hemiplegia* of the larynx.

Proc. 10th Ann. Conv. Am Ass Equine Prac, 10, 185–197

Sealy H, Findley J, Franklin SH (2014):

Reasons the tongue tie is used by South Australian and Western Australian Standardbred and
Thoroughbred Trainers.

School of Animal and Veterinary Sciences. Roseworthy campus: University of Adelaide,
1–11

Seeherman HJ, Morris E, O'Callaghan MW (1992):

Dorsal Displacement of the Soft Palate (DDSP) During Exercise.

Auer, JA (Hrsg.): Equine Surgery.

Saunders, Philadelphia, London, 1153–1155

Shappell KK, Derksen FJ, Stick JA, Robinson NE (1988):

Effects of *ventriculectomy*, prosthetic laryngoplasty, and exercise on upper airway function in
horses with induced left laryngeal *hemiplegia*.

Am J Vet Res, 49, 1760–1765

Shappell KK, Caron JP, Stick JA, Parks AJ (1989):

Staphylectomy for treatment of dorsal displacement of the soft palate in two foals.

J Am Vet Med Assoc, 195, 1395–1398

Sisson S, Grossman JD (1953):

The pharynx.

In: The Anatomy of the Domestic Animals.

4th edition, Saunders, London. 407–410

Sloet Van Oldruitenborgh-Osterbaan MM (1996):

Review of respiratory noises ("Kehlkopfpeiffer") in the horse.

Pferdeheilkunde, 12, 698–702

Smith JJ, Embertson RM (2005):

Sternothyroideus myotomy, *staphylectomy*, and oral caudal soft palate photothermoplasty for
treatment of dorsal displacement of the soft palate in 102 thoroughbred racehorses.

Vet Surg, 34, 5–10

Speirs VC, Van Veenendaal JC, Harrison IW, Smyth GB., Anderson GA, Wilson DV, Gilbo B (1982):

Pulmonary haemorrhage in standardbred horses after racing.

Austr Vet J, 59, 38–41

Stick JA, Derksen FJ (1989):

Use of videoendoscopy during exercise for determination of appropriate surgical treatment of laryngeal *hemiplegia* in a colt.

J Am Vet Med Assoc, 195, 619–622

Stick J A, Tullners E P, Robertson J T, Holcombe S J (1999):

Chapter 35, Larynx.

In: Equine surgery, Auer JA, Stick JA

2nd ed. USA, Saunders Company, 349–367

Stickle R (1990):

Radiographic diagnosis.

Vet Radiol, 31, 207

Strand E, Staempfli HR (1993):

Dynamic collapse of the roof of the nasopharynx as a cause of poor performance in a Standardbred colt.

Equine Vet J, 25, 252–254

Strand E, Hanche-Olsen S, Grønvold AMR, Mellum CN (2004):

Dynamic bilateral *arytenoid* and vocal fold collapse associated with head flexion in 5 Norwegian Coldblooded Trotter Racehorses.

Equine Vet Educ, 16, 242–250

Strand E, Fjordbakk CT, Holcombe SJ, Risberg A, Chalmers HJ (2009):

Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses.

Equine Vet J, 41, 59–64

Strand E, Skjerve E (2011):

Complex dynamic upper airway collapse: associations between abnormalities in 99 harness racehorses with one or more dynamic disorders.

Equine Vet J, 44, 524–528

Strand E, Fjordbakk CT, Sundberg K, Spangen L, Lunde H, Hanche-Olsen S (2012): Relative prevalence of upper respiratory tract obstructive disorders in two breeds of harness racehorses (185 cases: 1998–2006).

Equine Vet J, 44, 518–523

Sullivan EK, Parente EJ (2003):

Disorders of the pharynx.

Vet Clin North Am Equine Pract, 19, 159–167

- Sweeney CR, Maxson AD, Soma LR (1991):
Endoscopic findings in the upper respiratory tract of 678 Thoroughbred racehorses.
J Am Vet Med Assoc, 198, 1037–1038
- Tam SL, Archibald V, Jassar B, Tyreman N, Gordon T (2001):
Increased neuromuscular activity reduces sprouting in partially denervated muscles.
J Neurosci, 21, 654- 667
- Tam S L, Gordon T (2003):
Neuromuscular activity impairs axonal sprouting in partially denervated muscles by inhibiting bridge formation of perisynaptic Schwann cells.
J Neurobiol, 57, 221–234
- Tamzali Y (2005):
Overground endoscopy: technique and results.
Ainsworth DM, Mcgorum BC, Viel L, Robinson NE, Ducharme NG (Hrsg.): 3rd World Equine Airways Symposium, 71–73
- Tamzali Y, Serraud N, Baup B, Desmaizieres LM (2008):
How to perform endoscopy during exercise without a treadmill.
Proc Am Ass Equine Practnrs, 54, 24–28
- Tan RH, Dowling BA, Dart AJ (2005):
High-speed treadmill videoendoscopic examination of the upper respiratory tract in the horse: the results of 291 clinical cases.
Vet J, 170, 243–248
- Tate LP, Corbett WT, Bishop BJ, Foreman JH (1993):
Blood gas tensions, acid-base-status, heart-rates, and venous profiles in exercising horses with laryngeal *hemiplegia* before and after corrective surgery.
Vet Surg, 22, 177–183
- Taylor SE, Barakzai SZ, Dixon P (2006):
Ventriculocordectomy as the sole treatment for recurrent laryngeal neuropathy: long-term results from ninety-two horses.
Vet Surg, 35, 653–657
- Terron-Canendo N, Franklin SH (2013):
Dynamic *epiglottic retroversion* as a cause of abnormal inspiratory noise in six adult horses.
Equine Vet Educ, 25, 565- 569
- Tessier C, Holcombe SJ, Derksen FJ, Berney C, Boruta D (2004):
Effects of *stylopharyngeus* muscle dysfunction on the nasopharynx in exercising horses.
Equine Vet J, 36, 318–323
- Tetens J, Hubert JD, Eddy AL, Moore RM (2000):
Dynamic tracheal collapse as a cause of exercise intolerance in a Thoroughbred.
J Am Vet Med Assoc, 216, 722–724

Thomas H. (2014):

Tongue injuries: wounds to your horses tongue can easily go unnoticed-but that doesn't mean they can be ignored.

EQUUS, 38–46

Thome´ H (1999):

Mundhöhle und Schlundkopf

In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band II: Eingeweide, Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Freiwein J, Gasse H, Leiser R, Roos H, Thome H, Vollmerhaus B, Waibl H

8. Auflage, Paul Parey, Berlin, Hamburg, 19–102

Thome´ H (2004):

Mundhöhle und Schlundkopf des Pferdes

In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band II Eingeweide, Frewein J, Gasse H, Leiser R, Roos H, Vollmerhaus B, Waibl H

9. unveränderte Auflage, Stuttgart, Verlag Parey, 40–78

Tohill M, Mantovani C, Wiberg M, Terenghi G (2004):

Rat bone marrow mesenchymal stem cells express glial markers and stimulate nerve regeneration.

Neuroscience Letters, 362, 200–203

Tulleners EP, Harrison IW, Raker CW (1988):

Management of *arytenoid* chondropathy and failed laryngoplasty in horses 75 cases (1975–1989).

J Am Vet Med Assoc, 192, 670–675

Tulleners EP (1990):

Transendoscopic contact *neodymium:yttrium aluminum garnet* laser correction of *epiglottic entrapment* in standing horses.

J Am Vet Med Assoc, 196, 1971-1980

Tulleners EP, Schumacher J, Johnston J, Richardson W (1992):

Pharynx.

In: Auer JA (Hrsg.): Equine Surgery.

Saunders, Philadelphia, London, 446–453

Tulleners EP (1997):

Transendoscopic laser surgery of the upper respiratory tract.

In Traub-Dargatz JI, Brown CM (eds): Equine Endoscopy.

ed. 2. St. Louis , MO , Mosby, 132–133

Tulleners EP (1997):

Transendoscopic contact laser surgery of the upper respiratory tract.

Proceedings of the Dubai International Equine Symposium 446– 448

Van Erck-Westergren E, Fripiat T, Dupuis MC, Richard E, Art T, Desmaizieres LM (2005): Upper airway dynamic endoscopy: are track and treadmill observation comparable? Ainsworth DM, Mcgorum BC, Viel L, Robinson NE, Ducharme NG (Hrsg.): 3rd World Equine Airways Symposium, 254–255

Van Sloet Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Gruys E, Van Duijkeren E (2000): Developmental Aspects of Follicular Pharyngitis and Laryngeal *Hemiplegia* in the Foal. In: American Association of Equine Practitioners (Hrsg.): Proceedings of the 46th AAEP Annual Convention, 270–273

Van De Graaff WB, Gottfried SB, Mitra J, Van Lunteren E, Cherniack S, Strohl KP (1984): Respiratory function of *hyoid* muscles and *hyoid* arch. J Appl Physiol, 57, 197–204

Van Erck-Westergren E, Fripiat T, Dupuis MC, Richard E, Art T, Desmizieres LM (2009): Upper airway endoscopy: are track and treadmill operations comparable? In: Proceedings of the 4th World Equine Airways Symposium, Eds: C. Tessier and V. Gerber, PABST Science Publishers, Lengerich, 254–255

Van Erck E (2011): Dynamic respiratory videoendoscopy in ridden sport horses: effect of head flexion, riding and airway inflammation in 129 cases. Equine Vet J, 40, 18–24

Vanschandevijl K, Nollet H, Vonck K, Raedt R, Boon P, Roost D, Martens A, Deprez P (2011): Functional electrical stimulation of the left recurrent laryngeal nerve using a vagus nerve stimulator in a normal horse. Vet J, 189, 346–348

Vermedal H, Strand E (2019): Dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion as a complication of laryngeal tie-forward surgery in three harness racehorses. Vet Surg, 49, 600–606

Vermedal H, O’leary JM, Fjordbakk CT, Mc Aloon CG, Løkslett H, Stadsnes B, Fretheim-Kelly ZL, Strand E (2021): Outcome analysis of 95 harness racehorses with confirmed dorsal displacement of the soft palate treated with laryngeal tie-forward surgery. Equine Vet J, doi: 10.1111/evj.13479

Vidovic A, Delling U (2017): *Aryepiglottic fold augmentation* as treatment for late-onset dysphagia following surgical treatment of recurrent laryngeal neuropathy. Tierärztl Prax 45, 219–225

Virgin JE, Holcombe SJ, Caron JP, Cheetham J, Kurtz KA, Roessner HA, Ducharme NG, Hauptman JG, Nelson NC (2016):

Laryngeal advancement surgery improves swallowing function in a reversible equine dysphagia model.

Equine Vet J, 48, 362-367

Waibl H (2004):

Atmungsorgane des Pferdes.

In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band II Eingeweide, Frewein J, Gasse H, Leiser R, Roos H, Thome´ H, Vollmerhaus B, Waibl H

9. unveränderte Auflage, Stuttgart, Verlag Parey, 245–305

Weller D, Franklin SH, Shea G, White P, Fenner K, Wilson B, Wilkins C, Mc Greevy P (2021):

The Reported Use of Nosebands in Racing and Equestrian Pursuits.

Animals, 10, 776, doi:10.3390/ani10050776

Williams JW, Meagher DM, Pascoe JR (1990):

Upper airway function during maximal exercise in horses with obstructive upper airway lesions: Effect of surgical treatment.

Vet Surg, 19, 142–147

Willand MP, Holmes M, Bain JR, Fahnestock M, De Bruin H (2013):

Electrical muscle stimulation after immediate nerve repair reduces muscle atrophy without affecting reinnervation.

Muscle Nerve, 48, 219-225

Wissdorf H, Otto B, Gerhards H (1998):

Schlundkopf, Rachen.

In: Praxisorientierte Anatomie des Pferdes, Wissdorf H, Gerhards H, Huskamp B

1. Auflage, Scharper Verlag Alfeld-Hannover, 162-169

Wissdorf H, Otto B, Gerhards H (2010):

Schlundkopf, Rachen.

In: Praxisorientierte Anatomie des Pferdes Wissdorf H, Gerhards H, Huskamp B, Deegen E

3. Auflage, Verlag Scharper Hannover, 234-252

Wissdorf H, Otto B, Gerhards H (2010):

Kehlkopf.

In: Praxisorientierte Anatomie des Pferdes, Wissdorf H, Gerhards H, Huskamp B, Deegen E

3. Auflage, Verlag Scharper Hannover, 226–234

Witte TH, Mohammed HO, Radcliffe CH, Hackett RP, Ducharme NG (2009):

Racing performance after combined prosthetic laryngoplasty and *ipsilateral ventriculocordectomy* or partial *arytenoidectomy*: 135 Thoroughbred racehorses competing at less than 2400 m (1997–2007).

Equine Vet J, 41, 70–75

Witte TH, Cheetham J, Soderholm LV, Mitchell LM, Ducharme NG (2010):
Equine laryngoplasty sutures undergo increased loading during coughing and swallowing. *Vet Surg*, 39, 949-956

Witte SHP, Witte TH, Harriss F, Kelly G, Pollock P (2011):
Association of owner-reported noise with findings during dynamic respiratory endoscopy in Thoroughbred racehorses.
Equine Vet J, 43, 9–17

Woodie JB, Ducharme NG, Hackett RP, Erb HN, Mitchell LM, Soderholm LV (2005):
Can an external device prevent dorsal displacement of the soft palate during strenuous exercise?
Equine Vet J, 37, 425–429

Woodie JB, Ducharme NG, Kanter P, Hackett RP, Erb HN (2005a):
Surgical advancement of the larynx (laryngeal tie-forward) as a treatment for dorsal displacement of the soft palate in horses: a prospective study 2001–2004.
Equine Vet J, 37, 418–423

Woodie JB, Ducharme NG, Hackett RP, Erb HN, Mitchell LM, Soderholm LV (2005b):
Can an external device prevent dorsal displacement of the soft palate during strenuous exercise?
E Vet J, 37, 386–388

Zeale DL, Rodriguez RJ, Kenny T, Billante MJ, Cho Y, Billante CR, Garren KC (2002):
Electrical stimulation of a denervated muscle promotes selective reinnervation by native over foreign motoneurons.
J Neurophysiol, 87, 2195–2199

Zebisch A, May A, Reese S, Gehlen H (2014):
Effects of different head-neck positions on the larynges of ridden horses.
J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 98, 894-900

9. Anhang

Tabelle 25: Basisdaten der Pferde (Rasse, Nutzung, Alter, Geschlecht, Gewicht)
(Quelle eigene Tabelle).

Rasse	Nutzung	Alter in Jahren	Geschlecht	Gewicht in kg
engl. Vollblut	Galopper	3	Hengst	464
engl. Vollblut	Galopper	6	Stute	438
engl. Vollblut	Galopper	4	Hengst	498
engl. Vollblut	Galopper	3	Hengst	426
engl. Vollblut	Galopper	3	Stute	432
engl. Vollblut	Galopper	5	Stute	470
engl. Vollblut	Galopper	4	Stute	458
engl. Vollblut	Galopper	2	Stute	426
engl. Vollblut	Galopper	4	Stute	451
engl. Vollblut	Galopper	3	Hengst	396
engl. Vollblut	Galopper	4	Stute	458
engl. Vollblut	Galopper	3	Stute	414
engl. Vollblut	Galopper	2	Stute	408
engl. Vollblut	Galopper	8	Wallach	420
engl. Vollblut	Galopper	5	Wallach	432
engl. Vollblut	Galopper	2	Stute	470
engl. Vollblut	Galopper	2	Wallach	426
engl. Vollblut	Galopper	2	Stute	458
engl. Vollblut	Galopper	6	Wallach	538
engl. Vollblut	Galopper	4	Wallach	458
engl. Vollblut	Galopper	3	Stute	451
engl. Vollblut	Galopper	5	Wallach	464
engl. Vollblut	Galopper	3	Wallach	498
engl. Vollblut	Galopper	2	Hengst	432
engl. Vollblut	Galopper	2	Hengst	426
engl. Vollblut	Galopper	4	Hengst	390
engl. Vollblut	Galopper	7	Wallach	464
engl. Vollblut	Galopper	2	Wallach	420
engl. Vollblut	Galopper	2	Stute	450
engl. Vollblut	Galopper	2	Wallach	414
Vollblut	Traber	4	Hengst	396
Vollblut	Traber	4	Stute	451
Vollblut	Traber	4	Stute	427
Vollblut	Traber	8	Wallach	451
Vollblut	Traber	3	Stute	390
Vollblut	Traber	3	Stute	390
Vollblut	Traber	3	Stute	432
Vollblut	Traber	3	Stute	432

Tabelle 26: Darstellung der drei Bewertungsklassen und weitere Befunde für jedes Tier (n = 38).

Nutzung	Havememeyer (2003)	Rakestraw (1991)	Ohnesorge (1998)	andere Befunde
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper	Grad II 2.	Grad B		
Galopper				
Galopper				
Galopper				
Galopper				
Galopper				
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper				rötlich/braune Sekret Spur
Galopper				
Galopper	Grad II 1.	Grad A		rötlich/braune Sekret Spur
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper				
Galopper	Grad II 2.	Grad A	Grad II	
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper			Grad I	
Galopper	Grad II 2.	Grad A	Grad II	
Galopper				
Galopper				
Galopper				
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper				
Galopper				
Galopper			Grad II	
Galopper				
Galopper	Grad II 1.	Grad A		
Galopper				
Galopper				
Galopper				
Galopper				

Nutzung	Havemeyer	Raketraw	Ohnesorge	Andere Befunde
Traber				
Traber				
Traber				
Traber				
Traber				
Traber				
Traber				
Traber				

Tabelle 27: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der *Epiglottisbreite* (a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der *Epiglottisbreite* (a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paar 1	Ruhe (a) &	483,6793	30	121,43922	22,17167	0,588
	Belastung mit TT (a)	474,5433	30	108,28384	19,76983	
Paar 2	Ruhe (a) &	483,6793	30	121,43922	22,17167	0,271
	Belastung ohne TT (a)	461,3060	30	121,35166	22,15568	
Paar 3	Belastung mit TT (a) &	474,5433	30	108,28384	19,76983	0,220
	Belastung ohne TT (a)	461,3060	30	121,35166	22,15568	

Tabelle 28: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Pharynxhöhe (Senkrechte Strecke auf der *Epiglottis* ,b).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Pharynxhöhe (der Höhe des Pharynxdaches, Senkrechte Strecke auf der *Epiglottis* (b))

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paar 1	Ruhe (b) &	511,1597	30	86,88148	15,86232	,285
	Belastung mit TT (b)	523,6977	30	86,92674	15,87058	
Paar 2	Ruhe (b) &	511,1597	30	86,88148	15,86232	,004
	Belastung ohne TT (b)	563,0870	30	112,37490	20,51676	
Paar 3	Belastung mit TT (b) &	523,6977	30	86,92674	15,87058	,011
	Belastung ohne TT (b)	563,0870	30	112,37490	20,51676	

Tabelle 29: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der der maximalen Höhe der Kehlkopföffnungsfläche (a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (a) &	424,6469	31	81,12767	14,57096	,287
	Belastung mit TT (a)	411,4451	31	78,22391	14,04943	
Paaren 2	Ruhe (a) &	424,6469	31	81,12767	14,57096	,401
	Belastung ohne TT (a)	438,8136	31	84,44821	15,16735	
Paaren 3	Belastung mit TT (a) &	411,4451	31	78,22391	14,04943	,028
	Belastung ohne TT (a)	438,8136	31	84,44821	15,16735	

Tabelle 30: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b).

Statistik bei gepaarten Stichproben der maximalen Breite der Kehlkopföffnungsfläche (b)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (b) &	362,9608	31	68,47188	12,29791	
	Belastung mit TT (b)	365,5200	31	71,72723	12,88259	,806
Paaren 2	Ruhe (b) &	362,9608	31	68,47188	12,29791	
	Belastung ohne TT (b)	370,5670	31	75,15526	13,49828	,543
Paaren 3	Belastung mit TT (b) &	365,5200	31	71,72723	12,88259	
	Belastung ohne TT (b)	370,5670	31	75,15526	13,49828	,490

Tabelle 31: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Kehlkopfbreite auf Höhe der Stimmfalten (c).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Kehlkopfbreite auf Höhe der Stimmfalten (c)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (c) &	243,1448	31	44,09512	7,91972	
	Belastung mit TT (c)	265,3132	31	51,05101	9,16903	,012
Paaren 2	Ruhe (c) &	243,1448	31	44,09512	7,91972	
	Belastung ohne TT (c)	253,6990	31	45,16739	8,11230	,223
Paaren 3	Belastung mit TT (c) &	265,3132	31	51,05101	9,16903	
	Belastung ohne TT (c)	253,6990	31	45,16739	8,11230	,035

Tabelle 32: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) des relativen Öffnungswinkels (d).

Statistik bei gepaarten Stichproben des relativen Öffnungswinkels (d)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (d) &	128,5957	31	10,79657	1,93912	
	Belastung mit TT (d)	137,8506	31	8,43998	1,51586	<,001
Paaren 2	Ruhe (d) &	128,5957	31	10,79657	1,93912	
	Belastung ohne TT (d)	139,2792	31	8,03536	1,44319	<,001
Paaren 3	Belastung mit TT (d) &	137,8506	31	8,43998	1,51586	
	Belastung ohne TT (d)	139,2792	31	8,03536	1,44319	,327

Tabelle 33: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e).

Statistik bei gepaarten Stichproben der gesamten Kehlkopföffnungsfläche (e)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (e) &	120903,9032	31	52064,08197	9350,98517	
	Belastung mit TT (e)	127549,4129	31	49239,73286	8843,71709	,528
Paaren 2	Ruhe (e) &	120903,9032	31	52064,08197	9350,98517	
	Belastung ohne TT (e)	124621,7935	31	46067,09424	8273,89437	,646
Paaren 3	Belastung mit TT (e) &	127549,4129	31	49239,73286	8843,71709	
	Belastung ohne TT (e)	124621,7935	31	46067,09424	8273,89437	,726

Tabelle 34: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Pharynx-Epiglottis-Ratio (b/a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe & (b/a)	1,1077	30	,19297	,03523	
	Belastung mit TT (b/a)	1,1497	30	,27093	,04946	,232
Paaren 2	Ruhe &(b/a)	1,1077	30	,19297	,03523	
	Belastung ohne TT(b/a)	1,2770	30	,30192	,05512	<,001
Paaren 3	Belastung mit TT (b/a) &	1,1497	30	,27093	,04946	
	Belastung ohne TT(b/a)	1,2770	30	,30192	,05512	>,001

Tabelle 35: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (b/a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (b/a) &	,8600	31	,09480	,01703	
	Belastung mit TT (b/a)	,8990	31	,10242	,01839	,013
Paaren 2	Ruhe (b/a) &	,8600	31	,09480	,01703	
	Belastung ohne TT(b/a)	,8548	31	,08660	,01555	,776
Paaren 3	Belastung mit TT (b/a)&	,8990	31	,10242	,01839	
	Belastung ohne TT(b/a)	,8548	31	,08660	,01555	,015

Tabelle 36: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (c/a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (c/a) &	,5842	31	,09305	,01671	
	Belastung mit TT (c/a)	,6435	31	,09759	,01753	<,001
Paaren 2	Ruhe (c/a) &	,5842	31	,09305	,01671	
	Belastung ohne TT(c/a)	,5894	31	,07987	,01435	,768
Paaren 3	Belastung mit TT (c/a)&	,6435	31	,09759	,01753	
	Belastung ohne TT(c/a)	,5894	31	,07987	,01435	,002

Tabelle 37: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (d/a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (d/a) &	,3161	31	,06965	,01251	
	Belastung mit TT (d/a)	,3513	31	,07384	,01326	,002
Paaren 2	Ruhe (d/a) &	,3161	31	,06965	,01251	
	Belastung ohne TT(d/a)	,3316	31	,06208	,01115	,203
Paaren 3	Belastung mit TT (d/a)&	,3513	31	,07384	,01326	
	Belastung ohne TT(d/a)	,3316	31	,06208	,01115	,063

Tabelle 38: Statistik bei gepaarten Stichproben (Mittelwert, Gesamtzahl der Tiere = N, Standardabweichung = SD, Standardfehler = SE, zweiseitige Signifikanz = Signifikanz) für die drei Beobachtungsgruppen (Ruhe, Belastung mit Zungenband und ohne Zungenband) der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a).

Statistik bei gepaarten Stichproben der Larynx-Öffnungsflächen-Ratio (e/a)

		Mittelwert	N	SD	SE	Signifikanz
Paaren 1	Ruhe (e/a) &	,2774	31	,09416	,01691	
	Belastung mit TT (e/a)	,3110	31	,12435	,02233	,224
Paaren 2	Ruhe (e/a) &	,2774	31	,09416	,01691	
	Belastung ohne TT(e/a)	,2761	31	,05044	,00906	,930
Paaren 3	Belastung mit TT (e/a)&	,3110	31	,12435	,02233	
	Belastung ohne TT(e/a)	,2761	31	,05044	,00906	,132

10. Publikationsverzeichnis

Publikation:

Barton AK, Troppenz A, Klaus D, Lindenberg I, Merle R, Gehlen H (2021): The effect of tongue ties on pharyngeal and laryngeal diameters and the occurrence of DDSP in racehorses. Equine Veterinary Journal, BEVA Journals, eingereicht August 2021

Poster:

Barton AK, Troppenz A, Teschner D, Lindenberg I, Merle R, Gehlen H (2017):WEAS

Vorträge:

Barton AK, Troppenz A, Teschner D, Lindenberg I, Merle R, Gehlen H (2017): Evaluation of the effect of tongue ties on pharyngeal and laryngeal diameters and to prevent the occurrence of DDSP in racehorses. ECEIM Jahreskongress, Budapest

Barton A, Troppenz A, Teschner D, Lindenberg I, Merle R, Gehlen H (2017): Overground endoscopy in thoroughbreds and Standardbreds to evaluate the effect of tongue ties. World Equine Airways Symposium, Kopenhagen, Dänemark

11. Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde in der Zeit von Mai 2017 bis September 2021 an der Klinik für Pferde Chirurgie, Orthopädie, Innere Medizin und Bildgebung unter der Leitung von Frau Univ.-Prof. Dr. Heidrun Gehlen angefertigt. An vorrangiger Stelle möchte ich hier Frau Univ.-Prof. Dr. Heidrun Gehlen für die Bereitstellung des überaus interessanten Themas danken. Insbesondere gilt mein Dank ihrer hervorragenden Unterstützung, entgegen gebrachten Geduld und der konstruktiven Kritik in unseren Gesprächen. Frau PD Dr. Ann Kristin Barton danke ich für Ihre ausgezeichnete Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung der gesamten Arbeit. Ihr engagierter Beistand und der fachliche Gesprächsaustausch über das Dissertationsthema, haben mir sehr bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit geholfen. Für die Begutachtung meiner Dissertation danke ich Frau PD Dr. Marianne Skrodzki und Herrn Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel. In einem ganz besonderen Maß, haben mir die anspruchsvollen Anregungen von Herrn Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel dabei geholfen, die Vollendung meiner Dissertation wissenschaftlich korrekt umzusetzen. Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Dana Klaus (geb. Teschner) und Dr. Inga Lindenberg, die mir mit ihrem menschlichen und fachlichen Knowhow als ein besonderes Vorbild in Erinnerung bleiben werden. Ihre Unterstützung und bereitwillige zur Verfügungsstellung von gemeinsam gewonnenen Untersuchungsmaterialien auf unseren Studienausflügen waren sehr inspirierend. Zudem möchte ich allen Mitarbeitern der Klinik für Pferde Chirurgie, Orthopädie, Innere Medizin und Bildgebung danken, die dazu beigetragen haben, dass ich dieses Thema mit Freude bearbeiten konnte. Auch möchte ich allen Rennpferdetrainern, sowie deren Pferden als Probanden danken, die durch Ihre Teilnahme diese Studie erst ermöglicht haben. Frau Dr. Roswita Merle, vom Institut für Biometrie, gilt mein Dank für ihren Beistand und ihre Beratung bei der Bearbeitung der statistischen Fragestellungen dieser Arbeit. Ein ganz besonderer Dank gilt meinen wunderbaren Eltern, für die lebenslange liebevolle Unterstützung auf meinem gesamten Lebensweg. Meiner Familie insbesondere Katrin und Margitta danke ich für ihren Beitrag beim Feinschliff des fertigen Werkes. Besonders Stefan möchte ich meinen Dank aussprechen, für die tolle Hilfe bei der Bildbearbeitung. Die seelische und moralische Ermutigung, sowie die fachlichen Ratschläge zur Bearbeitung der Dissertation von meinen Freundinnen/ Kolleginnen Louisa und Nora, haben mir sehr geholfen. Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen beiden Katzen bedanken, die mir mit ihrer Gesellschaft immer eine Stütze waren.

12. Interessenskonflikte

Im Rahmen dieser Arbeit bestehen keine Interessenskonflikte durch Zuwendungen Dritter.

13. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 26.06.2022

Anne Troppenz



mbvberlin | mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-170-4