

**Tierärztliche Hochschule Hannover**

**Zum Einfluss des Sedativums Detomidin und einer  
Langzeitlaufbandbelastung auf die endoskopisch  
evaluierbare Funktion der oberen Atemwege beim  
Pferd**

INAUGURAL – DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades  
eines Doktors der Veterinärmedizin  
- Doctor medicinae veterinariae -  
( Dr. med. vet. )

vorgelegt von  
Henning Bernd Löbert  
Hamm

Hannover 2009

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. B. Ohnesorge  
Klinik für Pferde

1. Gutachter: Prof. Dr. B. Ohnesorge
2. Gutachter: Prof. Dr. J. Rehage

Tag der mündlichen Prüfung: 23.11.2009

Meinen Eltern



# Inhaltsverzeichnis

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Einleitung.....   | 9  |
| 2       | Literatur.....  | 12 |
| 2.1     | Diagnostik der RLN.....   | 12 |
| 2.1.1   | Untersuchung auf Atemgeräusche.....   | 12 |
| 2.1.2   | Palpation.....  | 14 |
| 2.1.3   | Endoskopische Untersuchung.....   | 15 |
| 2.1.3.1 | Ruheendoskopie.....   | 15 |
| 2.1.3.2 | Bewertungsschemata für Befunde der Ruheendoskopie.....  | 19 |
| 2.1.3.3 | Laufbandendoskopie.....   | 24 |
| 2.1.4   | Ultrasonographie.....   | 30 |
| 2.1.5   | Elektromyographie.....  | 30 |
| 2.1.6   | Elektrolaryngeographie.....   | 31 |
| 2.1.7   | Laboruntersuchungen.....  | 31 |
| 2.2     | Andere dynamisch-stenotische Erkrankungen der oberen Atemwege.....  | 33 |
| 2.2.1   | Dorsalverlagerung des Gaumensegels.....   | 33 |
| 2.2.2   | Instabilität des Gaumensegels.....  | 34 |
| 2.2.3   | Dynamischer Pharynxkollaps.....   | 35 |
| 2.2.4   | Stimmfaltenkollaps.....   | 37 |
| 2.2.5   | Axiale Deviation der Plica aryepiglottica.....  | 37 |
| 2.2.6   | Intermittierendes Entrapment der Epiglottis.....  | 39 |
| 2.2.7   | Retroversion der Epiglottis.....  | 39 |
| 2.2.8   | Ventroaxiale Subluxation der Spitze des Processus corniculatus.....   | 40 |
| 2.2.9   | Erkrankungen der Trachea.....   | 41 |
| 3       | Teil A: Zum Einfluss des Sedativums Detomidin auf die endoskopisch<br>evaluierbare Funktion der oberen Atemwege beim Pferd..... | 42 |
| 3.1     | Einleitung.....   | 42 |
| 3.2     | Material und Methode.....   | 44 |
| 3.2.1   | Material.....   | 44 |
| 3.2.2   | Methode.....  | 44 |
| 3.2.2.1 | Untersuchung auf Atemgeräusche.....   | 45 |
| 3.2.2.2 | Laryngoskopische Untersuchung.....  | 45 |
| 3.2.2.3 | Statistische Auswertung.....  | 49 |
| 3.3     | Ergebnisse.....   | 50 |
| 3.3.1   | Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung..   | 50 |
| 3.3.2   | Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung.....  | 53 |
| 3.3.3   | Asynchronie der Kehlkopfbewegungen.....   | 56 |
| 3.3.4   | Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels.....   | 59 |
| 3.3.5   | Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion.....   | 59 |
| 3.3.6   | Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schluckakt.....  | 63 |
| 3.3.7   | Ausgangsposition u. Bewegungsamplitude bei nicht stimulierter<br>Atmung.....  | 67 |
| 3.3.8   | Verminderte Abduktion des rechten Aryknorpels bei Inspiration.....  | 68 |
| 3.3.9   | Atemgeräusche.....  | 68 |
| 3.4     | Diskussion.....   | 73 |
| 3.4.1   | Diskussion der Methode.....   | 73 |
| 3.4.2   | Diskussion der Ergebnisse.....  | 74 |
| 3.4.2.1 | Asymmetrie bei nicht stimulierter Atmung.....   | 74 |

## Inhaltsverzeichnis

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.4.2.2 | Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung ...  | 75  |
| 3.4.2.3 | Asynchronie der Kehlkopfbewegungen.....  | 76  |
| 3.4.2.4 | Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion<br>und dem Schluckakt.....  | 77  |
| 3.4.2.5 | Ausgangsposition und Bewegungsamplitude des rechten<br>Stellknorpels .....   | 80  |
| 3.4.2.6 | Atemgeräusche .....  | 81  |
| 3.5     | Zusammenfassung.....   | 84  |
| 4       | Teil B: Zur Nutzbarkeit einer trigonometrischen Messmethode in der<br>Diagnostik der RLN .....   | 86  |
| 4.1     | Einleitung .....   | 86  |
| 4.2     | Material und Methode.....  | 88  |
| 4.2.1   | Material .....   | 88  |
| 4.2.2   | Methode .....  | 88  |
| 4.3     | Ergebnisse .....   | 92  |
| 4.3.1   | Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung .....  | 92  |
| 4.3.2   | Ergebnisse der Korrelationsprüfung.....  | 92  |
| 4.4     | Diskussion.....  | 95  |
| 4.4.1   | Diskussion der Methode.....  | 95  |
| 4.4.2   | Diskussion der Ergebnisse.....   | 95  |
| 4.5     | Zusammenfassung.....   | 97  |
| 5       | Teil C: Zum Einfluss einer Langzeitbelastung auf dem<br>Hochgeschwindigkeitslaufband auf die endoskopisch evaluierbare Funktion<br>der oberen Atemwege beim Pferd..... | 99  |
| 5.1     | Einleitung .....   | 99  |
| 5.2     | Material und Methode.....  | 101 |
| 5.2.1   | Material .....   | 101 |
| 5.2.2   | Methode .....  | 101 |
| 5.3     | Ergebnisse .....   | 107 |
| 5.3.1   | Ruheendoskopie .....   | 107 |
| 5.3.2   | Laufbandendoskopie.....  | 110 |
| 5.3.3   | Atemgeräusche .....  | 114 |
| 5.4     | Diskussion.....  | 116 |
| 5.4.1   | Diskussion der Methode.....  | 116 |
| 5.4.2   | Diskussion der Ergebnisse.....   | 118 |
| 5.4.2.1 | Ergebnisse der Ruheendoskopie .....  | 118 |
| 5.4.2.2 | Ergebnisse der Laufbandendoskopie.....   | 122 |
| 5.4.2.3 | Atemgeräusche.....   | 129 |
| 5.5     | Zusammenfassung.....   | 133 |
| 6       | Zusammenfassung.....   | 135 |
| 7       | Summary .....  | 139 |
| 8       | Literaturverzeichnis .....   | 143 |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungsverzeichnis

| <b>Abkürzung</b> | <b>Bedeutung</b>                           |
|------------------|--|
| ACC              | Arytenoid Cartilage Collapse               |
| ADAF             | Axial Deviation of the Aryepiglottic Folds |
| bzw              | beziehungsweise                            |
| cm               | Zentimeter                                 |
| DDSP             | Dorsal Displacement of the Soft Palate     |
| DLK              | dynamischer Larynxkollaps                  |
| eAAK             | expiratorische Absenkung der Aryknorpel    |
| 4-BAD            | Fourth Branchial Arch Defect               |
| ggr              | geringgradig                               |
| hgr              | hochgradig                                 |
| kg               | Kilogramm                                  |
| KGW              | Körpergewicht                              |
| li               | Links                                      |
| mgr.             | mittelgradig                               |
| m/s              | Meter pro Sekunde                          |
| Nr.              | Nummer                                     |
| PRC              | Pharyngeal Roof Collapse                   |
| PWC              | Pharyngeal Wall Collapse                   |
| PI               | Palatal Instability                        |
| Re               | Rechts                                     |
| RLN              | Recurrent Laryngeal Neuropathie            |
| VCC              | Vocal Cord Collapse                        |



### 1 Einleitung

Dynamisch-stenotische Erkrankungen der oberen Atemwege gehören beim Pferd zu den häufigsten Ursachen für eine Leistungsinsuffizienz und/oder Atemgeräusche. Von besonderer Bedeutung ist dabei in dieser großen Gruppe von Krankheiten die Recurrent laryngeal neuropathie (RLN), welche eine distale Axonopathie des Nervus laryngeus recurrens mit konsekutiver Funktionsstörung des Kehlkopfes darstellt (CAHILL u. GOULDEN 1987). Bei dieser zumeist linksseitig auftretenden Erkrankung (GÜNTHER 1866; COOK 1965; CAHILL u. GOULDEN 1987) kommt es durch die chronisch-degenerativen Veränderungen der Kehlkopfeigenmuskulatur innervierenden Nerven zu neurogener Muskelatrophie (CAHILL u. GOULDEN 1986; DEEGEN et al. 2000), was zu einer Parese, oder in schweren Fällen Paralyse, des Aryknorpels der betroffenen Kehlkopfseite führt. Durch das Abduktionsdefizit des Stellknorpels wird die zugehörige Stimmfalte nicht vollständig gespannt, so dass der inspiratorische Luftstrom die Stimmtasche aufblähen und die Plica vocalis in das Kehlkopflumen verlagern kann, was zu einer Verringerung der Querschnittsfläche der Rima glottis und turbulenter Strömung der Atemluft während der Inspiration führt (COOK 1981b). Die daraus resultierenden klinischen Symptome sind ein typischerweise hochfrequent-ton- oder ch-artiges, inspiratorisches Atemgeräusch (MARKS et al. 1970a; MARKS et al. 1970b; ZELLER 1973) und in schwerwiegenden Fällen eine Leistungsinsuffizienz (COOK 1988a, 1988b). Die Diagnostik beruht routinemäßig auf der ruheendoskopischen Untersuchung, welche, in Verbindung mit den klinischen Symptomen, in erster Linie einem typischen Atemgeräusch, allgemein als ausreichend zur Feststellung der RLN angesehen wird. Insbesondere in Zweifelsfällen aber ziehen viele Autoren die laufbandendoskopische Untersuchung heran, welche als diagnostischer Goldstandard angesehen wird (ANDERSON 2004), da man mit ihr die Kehlkopffunktion unter Belastung bewerten kann. Kontrovers diskutiert wird im Rahmen der endoskopischen Diagnostik seit etwa 30 Jahren der Einfluss von Sedativa auf die Kehlkopfmotorik. Ein Teil der Autoren lehnt ihren Einsatz während der Endoskopie ab, weil sie eine für die Befunderhebung nachteilige Beeinflussung postulieren (HAYNES 1978; PASCOE 1981; G. J. BAKER 1983; HAYNES 1984; ARCHER et al. 1991; BATHE 1993; VALDES-VAZQUEZ et al.

## Einleitung

1995) Hingegen befürworten COOK (1988a, 1988b), OHNESORGE (1990), DEEGEN et al. (2000) und LINDEGAARD et al. (2007) die endoskopische Diagnostik am sedierten Pferd.

Neben dem durch die Recurrent laryngeal neuropathie hervorgerufenen Aryknorpel- und Stimmfaltenkollaps sind in der Gruppe der dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege die Dorsalverlagerung des weichen Gaumens (DDSP), welche bei Rennpferden mit Atemgeräusch und/oder Leistungsinsuffizienz als häufigste Abnormalität der oberen Atemwege erkannt wurde (J. G. LANE et al. 2006a), der isolierte Stimmfaltenkollaps, die Instabilität des weichen Gaumens, die axiale Deviation der Plica aryepiglottica, der dynamische Pharynxkollaps und, wenn auch eher selten auftretend, die Retroversion der Epiglottis, das intermittierende Epiglottisentrapment, der ventroaxiale Kollaps der Processus corniculati der Aryknorpel und der Kollaps der Trachea von Bedeutung (FRANKLIN 2008). Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass die Diagnose dieser Erkrankungen in vielen Fällen durch die Ruheendoskopie nicht möglich ist (KANNEGIETER and DORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006b). Vielmehr ist die endoskopische Untersuchung unter Belastungsbedingungen auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband für Pferde (FRANKLIN 2008) oder mit einem Trainingslaryngoskop während des Reitens (DESMAIZIERES et al. 2009; POLLOCK et al. 2009) aktuell die einzige Möglichkeit zur Feststellung von dynamischen Stenosen der oberen Atemwege.

In Teil A dieser Arbeit soll im Rahmen einer Blindstudie mit drei Untersuchern der Einfluss des Sedativums Detomidin auf die Kehlkopffunktion von Warmblutpferden untersucht und eine Korrelation zu klinischen Befunden, insbesondere Atemgeräuschen, betrachtet werden.

In Teil B der vorliegenden Arbeit soll die Korrelation zwischen den subjektiven Bewertungen der Untersucher und den Ergebnissen der Tangentennessmethode nach REUTTER et al. (1994) zur Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen geprüft werden.

## Einleitung

Teil C untersucht den Einfluss einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband auf die Kehlkopffunktion bei Warmblutpferden, wobei parallel aber alle dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege erfasst werden. Bisher publizierte Laufbandstudien erfassten nur Vollblutpferde aus dem Galoppsport und Trabrennpferde, so dass entsprechende Daten für Warmblutpferde fehlen. Abschließend erfolgt eine Gegenüberstellung klinischer, ruhe- und laufbandendoskopischer Befunde.

## 2 Literatur

### 2.1 Diagnostik der RLN

#### 2.1.1 Untersuchung auf Atemgeräusche

Ein inspiratorisches, laryngeales Stenosegeräusch, welches typischerweise hochfrequent ton- bis ch-artig ist (ZELLER 1973), ist das auffälligste klinische Symptom der Recurrent laryngeal neuropathie, auch wenn es nicht bei allen erkrankten Pferden auftritt (ELLIS 1985; DUNCAN 1987; EICKMEIER et al. 1990; OHNESORGE 1990) und somit nach COOK et al. (1988) alleine zur Diagnosestellung nicht geeignet ist. DETLEF et al. (1985) und REUTTER et al. (1994) stellten bei allen Pferden mit einer deutlichen RLN ein Atemgeräusch fest, wohingegen ein solches bei Patienten mit zweifelhaftem laryngoskopischen Befund nicht immer auftrat. Bei Untersuchungen von HAMMER et al. (1998) und DIXON et al. (2001) war bei allen an der RLN erkrankten Patienten auch ein Atemgeräusch festzustellen. In anderen Studien (HILLIDGE 1985; 1986) zeigten nur 80% der an der RLN erkrankten Pferde ein Atemgeräusch, und OHNESORGE (1990) konnte im Rahmen seiner Untersuchung bei 25,7% der Pferde mit deutlicher Funktionsstörung kein und bei 20% dieser Pferde nur ein undeutliches tonartiges Atemgeräusch feststellen. Andererseits zeigten in dieser Untersuchung 19,1% der Equiden mit einem tonartigen Atemgeräusch keine laryngeale Funktionsstörung, was in ähnlicher Form auch von FRESE (1914), KRAL (1919) und HILLIDGE (1985; 1986) festgestellt wurde.

In verschiedenen laufbandendoskopischen Studien wurde bei allen Pferden mit dynamischem Larynxkollaps auch ein Atemgeräusch diagnostiziert, auf die Korrelation zwischen ruheendoskopischem Befund und Atemgeräusche wird hier aber nicht eingegangen (MORRIS u. SEEHERMAN 1990; KANNEGIETER u. DOORE 1995; J. G. LANE et al. 2006b).

Üblicherweise ist das für die RLN typische Stenosegeräusch nur unter Belastungsbedingungen, vor allem im Galopp hörbar, bei sehr schweren Fällen der Kehlkopflähmung aber auch schon in Ruhe wahrnehmbar (ZELLER 1973).

Während von SCHEBITZ (1965) und MARKS et al. (1970a; 1970b) sowohl das Longieren als auch das Reiten als Möglichkeit zur Erzeugung von laryngealen Atemgeräuschen beschrieben wird, bevorzugt ZELLER (1973) das Longieren mit und ohne Ausbindung. Die Bewegung hat hierbei sowohl auf der linken als auch auf der rechten Hand zu erfolgen, die Nasenrückenlinie darf durch die Ausbindung nicht über die Senkrechte hinaus abgebeugt werden um die Entstehung von Atemgeräuschen durch ein Einklemmen des Kehlkopfes zu vermeiden. Beim Vorliegen eines Geräusches ist der Patient noch für einige Zeit und auch unausgebunden zu longieren, um zu prüfen, ob ein Verspannen des Tieres in Ausbindung Ursache hierfür ist.

Schon GÜNTHER (1866) beschreibt außerdem die Möglichkeit, bei noch forcierter Atmung im direkten Anschluss an die Belastungsuntersuchung durch Kompression des Kehlkopfes von beiden Seiten bei an RLN erkrankten Pferden Atemgeräusche hervorzurufen. Bei dieser von MACKAY-SMITH u. MARKS (1968) und MARKS et al. (1970a; 1970b) als "Laryngeal Depression Test" bezeichneten Untersuchungsmethode ist zur Erzeugung eines inspiratorischen Stenosegeräusches sehr viel weniger Druck auf den Processus muscularis der erkrankten linken Kehlkopfseite nötig.

Von SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (1996) wird die Belastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband zur Diagnostik von Atemgeräuschen empfohlen.

BAKER (2003) nutzte ein Mikrofon zur Aufzeichnung von Atemgeräuschen, welche während der laufbandendoskopischen Untersuchung auftraten, um diese im Rahmen der anschließenden Auswertung der Videosequenzen zeitsynchron zu laryngealen Befunden bewerten zu können.

Verschiedene Autoren führten Spektralanalysen von mit Hilfe von Mikrofonen während einer Laufbandbelastung aufgezeichneten Atemgeräuschen zur Charakterisierung und Quantifizierung von Atemgeräuschen durch (CABLE et al. 2002; FRANKLIN et al. 2003). Beide Studien sprechen dieser Untersuchungsmethode ein Potential als ergänzende Untersuchungsmethode in der

RLN-Diagnostik zu, von CABLE et al. (2002) wird aber eine starke Abhängigkeit der Ergebnisse von der Belastungsintensität beschrieben.

### 2.1.2 Palpation

Die Möglichkeit, durch Palpation des Kehlkopfes eine Atrophie seiner intrinsischen Muskulatur festzustellen, wird erstmalig von MÖLLER (1888) beschrieben. Dabei soll ein durch die Fingerpalpation der Aryknorpel im Seitenvergleich erfassbarer Unterschied in der Prominenz der Processus musculares für eine Atrophie des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis sprechen. In zahlreichen Studien mit an RLN erkrankten Pferden ließ sich nur bei hochgradig erkrankten Fällen eine Muskelatrophie palpatorisch feststellen (MARKS et al. 1970a; KANNEGIETER und DORE 1995; BAKER 2003).

Dahingegen können REUTTER et al. (1994) bei allen eindeutigen RLN-Patienten und in schwächerer Form auch bei allen Zweifelsfällen eine Asymmetrie der laryngealen Muskulatur feststellen.

COOK (1988a; 1988b) sieht sich in der Lage, durch eine 17stufige palpatorische Untersuchung eine Atrophie der intrinsischen Kehlkopfmuskulatur auf der linken Seite in 3 Grade zu differenzieren und hält diese Untersuchung für die einfachste, sicherste und akkuratete Methode der RLN-Diagnostik.

Nach MARKS et al. (1970a; 1970b) wird das Ergebnis der Palpation auch durch die über den Muskelfortsätzen der Stellknorpel liegende und unter Umständen asymmetrisch ausgebildete Pharynxmuskulatur beeinflusst. Außerdem ist auch bei nicht an RLN erkrankten Pferden eine Asymmetrie der Kehlkopfmuskulatur möglich.

SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (1996) hält die palpatorische Diagnose einer Asymmetrie beim Warmblutpferd im Vergleich zum Vollblüter für unbefriedigend bis unmöglich.

J. G.LANE et al. (2006b) können bei 79% der Pferde, bei welchen sich im Rahmen der laufbandendoskopischen Untersuchung die RLN feststellen lässt und bei 9% der nicht erkrankten Tiere einen gewissen Grad an palpatorisch erfassbarer linksseitiger Asymmetrie diagnostizieren.

### 2.1.3 Endoskopische Untersuchung

#### 2.1.3.1 Ruheendoskopie

Die Ruheendoskopie ist die heute routinemäßig am häufigsten eingesetzte Untersuchungsmethode in der Diagnostik der RLN und wurde für mehr als 100 Jahre als beste und sicherste Möglichkeit zur Feststellung der Recurrenslähmung angesehen (POLANSKY u. SCHINDELKA 1889; KRAL 1951; COOK 1965; ZELLER 1973; DUNCAN 1987; EICKMEIER et al. 1990). Mit der Einführung der Hochgeschwindigkeitslaufbänder für Pferde sehen DUCHARME und HACKETT (1991) jedoch die laufbandendoskopische Untersuchung als Goldstandard der RLN-Diagnostik an.

Die endoskopische Untersuchung wird am stehenden Pferd durchgeführt, dabei kann die Anwendung von Zwangsmaßnahmen in Form eines Untersuchungsstandes, einer Oberlippenbremse oder einer Sedation nötig sein. Die Untersuchung in einem Zwangsstand halten COOK (1970c) und JOHNSON und MERRIAM (1975) zur Begrenzung des Bewegungsfreiraumes des Pferdes während der Untersuchung für sinnvoll. Von vielen Untersuchern wird bei Verzicht auf eine Sedierung der Patienten grundsätzlich eine Oberlippenbremse angewendet (DUNCAN et al. 1977a; ARCHER et al. 1991; RAKESTRAW et al. 1991; HOBBO et al. 1995; ANDERSON et al. 1997; HAMMER et al. 1998; STICK et al. 2001).

Der Einsatz eines Sedativums im Rahmen der endoskopischen Diagnostik der RLN wird kontrovers diskutiert. So ist SCHEBITZ (1965) der Ansicht, dass sich eine halbseitige Kehlkopflähmung am nicht sedierten Pferd deutlicher zeigt. PASCOE (1981), BAKER (1983b) und HAYNES (1984) halten die laryngoskopischen Befunde unter Sedation für wenig aussagekräftig in der Diagnostik der RLN. HAYNES (1978) ist der Meinung, dass die durch Sedativa hervorgerufene Erschlaffung der Weichgewebe in den oberen Atemwegen die Kehlkopfbewegungen beeinträchtigt. ARCHER et al. (1991) stellten nach systemischer Gabe von Xylazin eine Verminderung der Abduktion, aber keine Abschwächung von Abnormalitäten, wie zum Beispiel Zittern der Aryknorpel fest, warnen aber vor Fehlinterpretationen und empfehlen den Einsatz einer Oberlippenbremse statt eines Sedativums. In der Studie von VALDES-VAZQUEZ et al. (1995) erhöhte die Applikation von Xylazin die

Inzidenz für asynchrone Kehlkopfbewegungen signifikant und führte zu einer Erschlaffung der Weichgewebe in den oberen Atemwegen, was den Autoren die Beurteilung der Kehlkopffunktion im Vergleich zum unsedierten Pferd erschwerte. DUCHARME et al. (1991) zeigten im Rahmen einer Wiederholungsstudie, dass die Beurteilung der Stellknorpelbewegungen von einer systemischen Xylazingabe, aber auch vom Untersucher beeinflusst wird und an verschiedenen Tagen unterschiedlich ausfällt. Dahingegen halten COOK et al. (1988), OHNESORGE (1990) und DEEGEN et al. (2000) die durch eine Sedation hervorgerufene erhöhte Untersuchungsakzeptanz für die Erhebung laryngealer Befunde für vorteilhaft. ZELLER (1973) ist kein Fall bekannt, in welchem eine linksseitige Kehlkopflähmung im Sinne der RLN durch eine Sedation hervorgerufen wurde. COOK et al. (1988) und COOK (1988b) postulieren, dass asynchrone oder asymmetrische Kehlkopfbewegungen durch eine systemisch wirksame Substanz nicht hervorgerufen werden können, da diese auf beide Seiten des Larynx einwirkt. Nach COOK (1988a, 1988b) verdeutlicht die Sedation eine bereits bestehende Asymmetrie. LINDEGAARD et al. (2007) fanden heraus, dass eine Sedierung mit Detomidin oder Azepromazin eine herabgesetzte Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Aryknorpels zur Folge hat, so dass der Grad der RLN höher bewertet wird. Da in ihrer Studie die Fähigkeit den rechten Stellknorpels vollständig zu abduzieren jedoch nicht beeinflusst wurde, gehen sie davon aus, dass sich die Pferde, welche eine Verschlechterung der Befunde nach Sedierung zeigten, in einem frühen Stadium der RLN befanden.

Das Endoskop wird von einer Hilfsperson in eine Nüster eingeführt und über den ventralen Nasengang bis in den Nasopharynx vorgeschoben, wo auf eine möglichst mediane Lage der Endoskopspitze zu achten ist (DUNCAN et al. 1977a), da seitliche Abweichungen eine Asymmetrie des Kehlkopfes vortäuschen können. Das Endoskop wird in den meisten Studien über die rechte Nüster (ANDERSON et al. 1997; ARCHER et al. 1991; HAMMER et al. 1998; HAWE et al. 2001; HOBO et al. 1995; OHNESORGE 1990; RAKESTRAW et al. 1991; REUTTER et al. 1994; STICK et al. 2001), in einigen (DUCHARME et al. 1991; HOBO et al. 1995; LINDEGAARD et al.

2007) aber über die linke Nüster in den Patienten eingeführt. OHNESORGE (1990) begründet seine Entscheidung für die rechte Nasenseite mit der exzentrischen Anordnung der Optik des verwendeten Endoskops, wodurch das Bild durch die mehr mediane Lage der Optik bei Endoskopie über die rechte Nüster weniger verzerrt war. DUCHARME et al. (1991) stellten in ihrer Wiederholungsstudie fest, dass die Übereinstimmung der Befunde bei Reexaminierung über die linke Nüster höher war. SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (1996) führt die Laryngoskopie immer durch beide Nüstern durch, da der Blickwinkel das Erscheinungsbild des Kehlkopfes beeinflusst.

Bei der endoskopischen Untersuchung des Larynx sind Synchronie, das heißt die Gleichzeitigkeit, und Symmetrie, das heißt Gleichmäßigkeit, der Stellknorpelbewegungen zu beobachten und zu bewerten. Da viele Pferde bei nicht stimulierter Atmung sehr wenige Bewegungen des Kehlkopfes zeigen und Aryknorpel und Stimmbänder deshalb oft unbeweglich in mittlerer bis maximaler Inspirationsstellung verharren (MARKS et al. 1970a, 1970b; ZELLER 1973), ist für eine korrekte Bewertung der Kehlkopffunktion, insbesondere der Fähigkeit, beide Aryknorpel vollständig zu abduzieren und diese Position zu halten, eine Beeinflussung der Atemtätigkeit nötig. Dies ist sowohl durch das Auslösen des Schluckaktes als auch durch nasale Okklusion oder den Slap-Test (Thoraco-Laryngeal-Reflex) möglich (MARKS et al. 1970a; BAKER 1983; HILLIDGE 1986; J. G. LANE et al. 1987; ARCHER et al. 1991; REUTTER et al. 1994; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN 1996).

Der Schluckreflex ist durch das Berühren der Epiglottis mit der Endoskopspitze oder das Besprühen des Kehldeckels mit einer kleinen Menge Wasser über den Arbeitskanal oder die Spüleinrichtung des Endoskopes auslösbar (MARKS et al. 1970b; HILLIDGE 1986; J.G. LANE et al. 1987; REUTTER et al. 1994; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN 1996) und führt zu einer Adduktion, welcher die maximale Abduktion der Aryknorpel folgt (BOLES 1979). PARENTE und MARTIN (1995) beschreiben das Auslösen einer Dorsalverlagerung des Gaumensegels durch

Einführen des Endoskops in die Trachea als einfache Möglichkeit, um einen Schluckakt zu erzeugen. ARCHER et al. (1991) und REUTTER et al. (1994) betrachten die Bewertung der Kehlkopfbewegungen nach dem Schlucken für diagnostisch wertvoll, halten die Phase maximaler Abduktion aber für endoskopisch schwierig erfassbar.

J. G. LANE et al. (1987), OHNESORGE (1990) und ARCHER et al. (1991) beschreiben die nasale Okklusion, also die Atemhemmung durch manuellen Verschluss beider Nüstern, als eine leicht durchzuführende und effektive Methode zur Stimulierung der Atemtätigkeit, mit welcher eine vollständige Ad- und Abduktion für 2 bis 3 tiefe Atemzüge erreicht werden kann. PARENTE und MARTIN (1995) ziehen aber das Auslösen eines Schluckaktes der nasalen Okklusion vor, da diese von der zeitlichen Dauer des Verschlusses der Nüstern beeinflusst wird und vom Pferd toleriert werden muss.

Eine weitere Möglichkeit zur Forcierung der Atmung ist der Einsatz von Atemstimulantien. Nach ZELLER (1973) hat sich der Einsatz dieser Pharmaka in der laryngoskopischen Diagnostik der RLN nicht bewährt. ARCHER et al. (1991) konnten nach der Applikation von Doxapram eine Verstärkung der Abduktion und Erhöhung der Atemfrequenz der von ihnen untersuchten Probanden feststellen. REUTTER et al. (1994) halten dieses Medikament in der RLN-Diagnostik für ungeeignet, da es nicht zu vollständiger Abduktion führt und die Atemfrequenz und die inspiratorische Strömungsgeschwindigkeit reduziert. Sie setzen in ihrer Studie Lobelin® ein, welches bei allen larynxgesunden Pferden zu einer maximalen Abduktion der Stellknorpel während etwa 10 Atemzügen führte.

Durch einen Schlag mit der flachen Hand auf die vordere Sattellage des Pferdes lässt sich der Thoraco-Laryngeale-Reflex (TLR) auslösen, welcher zu einer fühlbaren und endoskopisch sichtbaren Adduktion des kontralateralen Aryknorpels führt. Diese als Slap-Test bezeichnete Untersuchungsmethode wurde erstmalig von GREET et al. (1980) publiziert, die für diesen Test eine hohe Sensitivität und Spezifität in der

Diagnose von Erkrankungen des cervikalen Rückenmarkes herausfinden, ihn aber für nur bedingt einsetzbar beziehungsweise nutzlos bei der Untersuchung auf die RLN halten (GREET 1994), da Pferde trotz RLN-Erkrankung und mittel- bis hochgradiger Atrophie des M. cricoarytaenoideus dorsalis einen normalen TLR zeigen können (NEWTONCLARKE et al. 1994). In den Arbeiten von DUNCAN et al. (1991) und REUTTER et al. (1994) hingegen fehlte der TLR bei allen Pferden mit klinischer RLN oder war nur mangelhaft ausgeprägt.

#### 2.1.3.2 Bewertungsschemata für Befunde der Ruheendoskopie

International werden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Graduierungssysteme zur Beurteilung laryngealer Befunde in Hinblick auf die Recurrent Laryngeal Neuropathie verwendet.

OHNESORGE (1990) bewertet im Rahmen der Laryngoskopie die Ausgangsposition der Aryknorpel vor der Abduktion, eine verstärkte Ad- oder Abduktion des linken Aryknorpels, die Quantität von Bewegungsstörungen des linken Stellknorpels bei nicht stimulierter Atmung und nach nasaler Okklusion sowie die Synchronie der Kehlkopfbewegungen. Die Stärke der Motilitätseinschränkung des betroffenen Aryknorpels teilt er in 4 Grade und drei Übergangsstufen ein: Grad 1 und damit keine Bewegungsstörung liegt vor, wenn keine Winkeldifferenz erkennbar ist. Übergangsstufe 1, d. h. eine undeutliche Bewegungseinschränkung ist zu verzeichnen, wenn sowohl Phasen nicht verminderter als auch bis zu 1/3 verminderter Abduktion festzustellen sind. Eine geringgradig deutliche Bewegungsstörung und damit Grad 2 liegt vor, wenn eine dauerhafte Abduktionsverminderung bis zu 1/3 zu verzeichnen ist. Wechseln sich Phasen mit bis zu 1/3 und bis zu 2/3 verminderter Abduktion ab, werden die Patienten mit Übergangsstufe 2 bewertet, was einer gering- bis mittelgradigen Bewegungseinschränkung entspricht. Eine mittelgradige Mobilitätseinschränkung des betroffenen Aryknorpels, entsprechend Grad 3, liegt bei dauerhafter Abduktionsverminderung um bis zu 2/3 vor. Übergangsstufe 3 beschreibt alternierende Phasen mit einer bis zu 2/3 und mehr als 2/3 verminderten Abduktion

des erkrankten Stellknorpels, was einer mittel- bis hochgradigen Bewegungseinschränkung entspricht. Von einer hochgradigen Bewegungsstörung (Grad 4) spricht man bei einer dauerhaften Abduktionsverminderung von mehr als 2/3. Das Schema ist sowohl für links- als auch rechtsseitige Mobilitätsstörungen anzuwenden.

Das 4-Grad-Schema zur Bewertung der Kehlkopffunktion anhand ruheendoskopischer Befunde, hauptsächlich in den USA benutzt, wurde erstmalig von DUCHARME et al. (1991) und HACKETT et al. (1991) mit dem Ziel publiziert, ein einfaches und praktisches Bewertungssystem einzuführen.

Grad I: synchrone und vollständige Abduktion beider Aryknorpel

Grad II: asynchrone Bewegung (Verzögerung, Flattern, Abduktionsschwäche, etc.) des linken Aryknorpels während irgendeiner Phase der Atmung. Vollständige Abduktion des linken Aryknorpels (im Vergleich zum rechten) kann nach nasaler Okklusion, dem Schluckakt oder dem Einsatz von Atemstimulantien beobachtet werden.

Grad III: asynchrone Bewegungen (Verzögerung, Flattern, Abduktionsschwäche, etc.) des linken Aryknorpels während irgendeiner Phase der Atmung. Vollständige Abduktion des linken Aryknorpels (im Vergleich zum rechten) kann durch nasale Okklusion, den Schluckakt oder den Einsatz von Atemstimulantien nicht induziert werden.

Grad IV: Position des linken Aryknorpels in der Medianen oder paramedian, wesentliche Bewegungen des linken Aryknorpels lassen sich durch nasale Okklusion, den Schluckakt oder den Einsatz von Atemstimulantien nicht induzieren.

Es sollte außerdem eine hohe Übereinstimmung zwischen verschiedenen Untersuchern und bei Reexaminierung ermöglichen und eine gute Korrelation zu laufbandendoskopischen Befunden besitzen. Die von diesem Schema zur Evaluierung genutzten Kriterien sind Stärke der Asymmetrie, der Asynchronie und

Fähigkeit zur vollständigen Abduktion, wobei sich letzter Aspekt für die Diagnose der RLN als am wichtigsten herausgestellt hat. So fanden DUCHARME et al. (1991) die größte Übereinstimmung zwischen 3 Untersuchern bei der Bewertung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion der Aryknorpel und in 3 Studien (RAKESTRAW et al. 1991; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000), in denen ruhe- und laufbandendoskopische Befunde verglichen wurden, zeigte sich, dass nahezu alle Pferde, welche in der Ruheendoskopie den linken Stellknorpel nicht vollständig abduzieren konnten, auf dem Laufband einen zumindest partiellen linksseitigen Aryknorpelkollaps zeigten und somit als RLN-Patienten angesehen werden müssen. Dahingegen zeigten die Pferde, die bei endoskopischer Untersuchung in Ruhe vollständig abduzieren konnten, fast ausnahmslos eine normale Kehlkopffunktion. Das in dieser Form von HACKETT et al. (1991) publizierte Schema wurde im Rahmen des Workshops on Equine Recurrent Laryngeal Neuropathie der Havemeyer Foundation (2004) modifiziert und von DUCHARME (2005) vorgestellt:

| <b>Grad</b> | <b>Definition</b>   | <b>Untergrad</b> | <b>Definition</b>  |
|-------------|---|------------------|--|
| I           | Alle Bewegungen der Aryknorpel sind synchron und symmetrisch und vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden               |                  |  |
| II          | Bewegungen der Aryknorpel sind zeitweise asynchron und/oder asymmetrisch, aber vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden | .1               | Vereinzelte asynchrone und/oder asymmetrische Bewegungen   |
|             |   | .2               | Asymmetrie und/oder Asynchronie der meisten Bewegungen der Aryknorpel, volle Abduktion wird aber typischerweise nach dem Schluckakt oder nasaler Okklusion erreicht und gehalten |
| III         | Bewegungen der Aryknorpel sind asynchron und/oder asymmetrisch, vollständige Abduktion kann nicht erreicht und gehalten werden          | .1               | wie II.2, aber volle Abduktion kann nicht gehalten werden  |
|             |   | .2               | Deutliche Asymmetrie, volle Abduktion wird nie erreicht  |
|             |   | .3               | Sehr deutliche Asymmetrie, nur sehr geringe Beweglichkeit des betroffenen Aryknorpels  |
| IV          | Vollständige Unbeweglichkeit des betroffenen Aryknorpels  |                  |  |

Aufgrund der Ergebnisse oben genannter Arbeiten (RAKESTRAW et al. 1991; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000) werden sowohl in der ursprünglichen als

auch der überarbeiteten Version des 4-Grad-Schemas Pferde mit Befunden der Grade 1 und 2 als larynxgesund und mit Befunden der Grade 3 und 4 als an der RLN erkrankt angesehen.

Von J. G. LANE (1993) sowie KANNEGIETER und DOORE (1995) wird zur Evaluierung der ruheendoskopischen Befunde der Kehlkopfmotilität ein im australasiatischen Bereich übliches 5-Grad-Schema genutzt. Es unterscheidet sich nicht sehr stark vom oben beschriebenen 4-Grad-Schema und wird aufgrund seiner guten alltäglichen Anwendbarkeit in der Pferdepraxis weiterhin genutzt.

Grad I: alle Bewegungen der Aryknorpel, sowohl ad- als auch abduktorisch, sind symmetrisch und synchron, unabhängig davon, ob unter Sedation, vor oder nach Belastung untersucht wurde.

Grad II: alle Hauptbewegungen der Aryknorpel sind symmetrisch und der volle Bewegungsspielraum wird erreicht. Vorübergehende Asynchronie, Flattern oder verzögerte Öffnung kann vorkommen.

Grad III: Asymmetrie der Rima glottis aufgrund reduzierter Beweglichkeit des linken Aryknorpels und der linken Stimmfalte. Gelegentlich, typischerweise nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken wird vollständige und symmetrische Abduktion erreicht, aber nicht gehalten.

Grad IV: dauerhafte Asymmetrie der Rima glottis bei erhaltener Restbeweglichkeit von linkem Aryknorpel und linker Stimmfalte. Vollständige Abduktion kann während keiner Atemphase erreicht werden.

Grad V: dauerhafte und auffällige Asymmetrie der Rima glottis, keine aktive Restbeweglichkeit von linkem Aryknorpel und linker Stimmfalte. Keine Reaktion auf den Slap-Test erkennbar.

Alle Patienten der Grade IV und V werden bei diesem Schema als erkrankt angesehen, Pferde des Grads III sind Zweifelsfälle, wobei die Mehrzahl aber eine normale Kehlkopffunktion zeigt. Trotzdem besteht bei ihnen ein höheres Risiko, dass

sie unter Belastung einen Aryknorpel- und/oder Stimmfaltenkollaps entwickeln, als dies bei Equiden der Grade I und II der Fall ist (J. G. LANE 2004).

SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (1996) beschreibt ein System mit 5 Graden, welches in Utrecht routinemäßig zur Bewertung der Kehlkopffunktion in der Ruheendoskopie genutzt wird. Beurteilt werden Atemzüge ohne Stimulierung, nach nasaler Okklusion und dem Schlucken, sowie die Reaktion auf den Slap-Test. Für Pferde, welche einer Sedierung bedürfen, wird kein Grad vergeben.

Grad 0: vollständig normal symmetrische Aryknorpel; normal synchrone Bewegungen; synchrone und vollständige Ad- und Abduktion beider Stellknorpel; Reaktion auf den Slap-Test.

Grad 1: vorübergehende leichte Asymmetrie und/oder Asynchronie eines Aryknorpels (üblicherweise des linken), oder eine dauerhafte, aber kaum sichtbare Asymmetrie; volle Ad- und Abduktion sind möglich; Reaktion auf den Slap-Test.

Grad 2: geringgradige Asymmetrie oder Asynchronie eines Aryknorpels (üblicherweise links) dauerhaft sichtbar; volle Ad- und Abduktion sind möglich; Reaktion auf den Slap-Test.

Grad 3: mittelgradige Asymmetrie und/oder Asynchronie eines Aryknorpels (üblicherweise links) dauerhaft sichtbar; volle Ad- und Abduktion sind (meist) möglich; der betroffene Aryknorpel reagiert nicht immer auf den Slap-Test.

Grad 4: deutliche dauerhafte Asymmetrie der Aryknorpel, der betroffene Stellknorpel bewegt sich nicht oder nur sehr gering; volle Ad- und Abduktion sind nicht möglich und der erkrankte Aryknorpel reagiert nicht auf den Slap-Test.

DIXON et al. (2001) und HAWE et al. (2001) nutzen ein 6-Grad-Schema zur Beurteilung der Kehlkopfmotilität in der Ruheendoskopie. Durch die im Vergleich zu

anderen Schemata erhöhte Anzahl von Beurteilungsstufen ist die Evaluierung von Pferden in Hinblick auf die Recurrenslähmung anhand laryngealer Befunde besser möglich. Das sich theoretisch aus der Steigerung der Zahl von Bewertungsgraden ergebende Problem der schlechteren Nutzbarkeit durch verschiedene Untersucher konnte in der Praxis nicht nachgewiesen werden (HAWE et al. 2001; DIXON 2004).

Grad 0: (Normal) perfekte Synchronie und Symmetrie der Aryknorpelbewegungen, vollständige bilaterale Abduktion der Aryknorpel wird erreicht und gehalten.

Grad 1: (Normal) asynchrone Aryknorpelbewegungen, ± Zittern von Aryknorpel oder Stimmfalte, aber volle Abduktion der Stellknorpel wird erreicht und gehalten.

Grad 2: (ggr. Lähmung) leichte Asymmetrie der Aryknorpel, unvollständige oder vorübergehend vollständige Abduktion, d.h. unfähig volle Abduktion zu halten.

Grad 3: (mgr. Lähmung) offensichtliche Abduktionsschwäche und Asymmetrie.

Grad 4: (hgr. Lähmung) auffällige, aber nicht totale Abduktionsschwäche und Asymmetrie, sehr geringe Aryknorpelbewegungen.

Grad 5: (totale Lähmung) keine Bewegungen des betroffenen Aryknorpels.

### 2.1.3.3 Laufbandendoskopie

Auch wenn die Befunderhebung im Rahmen der Ruheendoskopie zur Feststellung der RLN allgemein als ausreichend angesehen wird, stellt die endoskopische Untersuchung auf dem Laufband eine etablierte und vielfach empfohlene Methode in der Diagnostik der Recurrenslähmung dar (DERKSEN et al. 1986; E. A. MORRIS u. SEEHERMAN 1990; RAKESTRAW et al. 1991; KANNEGIETER u. DORE 1995). Für DUCHARME und HACKETT (1991) stellt die Laufbandendoskopie den „Goldstandard“ zur Feststellung der RLN dar, besonders indiziert ist sie bei Pferden, welche ein Atemgeräusch, aber keinen ruheendoskopischen Befund im Sinne der RLN zeigen. KANNEGIETER und DOORE (1995) und SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN (1996) halten die Endoskopie unter Belastungsbedingungen auf dem Laufband für die zuverlässigste Methode um festzustellen, ob ein Atemgeräusch auf die RLN zurückzuführen ist.

Von unterschiedlichen Autoren werden verschiedene Belastungsprotokolle während der endoskopischen Untersuchung verwendet. RAKESTRAW et al. (1991) belasteten die von ihnen untersuchten Vollblüter für 4 min bei 4 m/s, 1 min bei 6 m/s, 1 min bei 8 m/s und 2 min bei 8,5 m/s, die Steigung des Laufbandes wurde nach 3 min auf 5% eingestellt. MORRIS und SEEHERMANN (1990) untersuchten Traber bei 3% und Vollblutpferde bei 6% Steigung und einer individuell angepassten Geschwindigkeit von 9 bis 13,5 m/s, die Belastung wurde bis zur Ermüdung der Probanden, definiert als das Unvermögen die Position am Brustgurt aus eigenem Antrieb zu halten, fortgesetzt. PARENTE u. Martin (1995) nutzten eine Geschwindigkeit zwischen 12 und 14 m/s und eine Steigung von 3% bei Vollblütern bzw. keine Steigung bei Trabrennpferden. KANNEGIETER und DORE (1995) belasteten jeden Probanden individuell seinen Fähigkeiten (Alter, Nutzung, etc.) entsprechend, auch sie setzten die Untersuchung bis zur Ermüdung fort. HAMMER et al. (1998) untersuchten Traber ohne Steigung des Laufbandes bei 9 m/s für 90 sec, 10 m/s für 80 sec, 11-12 m/s für 2 min und bei 10 m/s für 80 sec, Galopprennpferde mit 3% Steigung bei 11 m/s für 80 sec, 12 m/s für 1 min, 14 m/s für 2 min und bei 12 m/s für 1 min. TAN et al. (2005) belasteten alle Pferde bei einer Geschwindigkeit von 12 m/s bis zur Ermüdung oder Diagnosefindung, wobei das Laufband für nicht bei Rennen eingesetzte Probanden ohne, für Traber mit 3 % und Galopper mit 6% Steigung betrieben wurde. J. G. LANE et al. (2006a) untersuchten ihre Patienten mit einer 10prozentigen Laufbandsteigung 1,5 min bei 6-7 m/s, je 1 min bei 8 und 10 m/s und steigerten die Geschwindigkeit danach pro Minute um 1 m/s bis zur Ermüdung des Pferdes bzw. der Stellung einer Diagnose.

In allen vorhergehend genannten laufbandendoskopischen Arbeiten wurden die Pferde in 2 bis 5 Trainingseinheiten an das Laufband gewöhnt und die Probanden wurden vor dem finalen Untersuchungslauf auf dem Laufband aufgewärmt. Das Endoskop wurde über die rechte Nüster in das Pferd eingeführt und über den ventralen Nasengang bis auf Höhe der Luftsackklappen vorgeschoben, um einen guten Überblick über alle laryngealen und pharyngealen Strukturen zu bekommen. Die Befestigung des Endoskops erfolgte mit Gummiband oder einer Penrose-Drainage am Nasenriemen oder einer speziellen Halterung an der Zäumung der

Patienten (MORRIS und SEEHERMANN 1990; RAKESTRAW et al. 1991; PARENTE u. MARTIN 1995; KANNEGIETER und DOORE 1995; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a).

MORRIS und SEEHERMANN (1990) untersuchten 46 Pferde sowohl ruhe- als auch laufbandendoskopisch und verglichen die Ergebnisse. 9 Equiden zeigten in Ruhe absolut synchrone und symmetrische Bewegungen der Aryknorpel und waren auch während der Belastung auf dem Laufband fähig, beide Stellknorpel vollständig zu abduzieren. 32 Probanden zeigten in der Ruheendoskopie verschieden stark ausgeprägte asynchrone und asymmetrische Kehlkopfbewegungen, waren aber in der Lage, nach dem Schluckakt beide Aryknorpel vollständig zu abduzieren. Alle Pferde dieser Gruppe konnten während der Laufbandbelastung beide Stellknorpel vollständig abduzieren. 5 Patienten präsentierten sich schon in Ruhe mit einer vollständigen Kehlkopflähmung und zeigten in der laufbandendoskopischen Untersuchung einen Kollaps des betroffenen Stellknorpels.

Unter den von RAKESTRAW et al. (1991) untersuchten 49 Pferden waren insgesamt 37 larynxgesund oder zeigten bei erhaltener Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schlucken asynchrone oder asymmetrische Aryknorpelbewegungen bei nicht stimulierter Atmung. Alle Probanden dieser Gruppe zeigten während der Laufbandendoskopie eine vollständige Öffnung des Larynx. 6 Equiden zeigten Asymmetrien und/oder Asynchronien der Kehlkopfbewegungen und konnten den linken Stellknorpel auch nach dem Schlucken nicht vollständig abduzieren. Von diesen Pferden waren alle außer einem zur vollen Abduktion des erkrankten Aryknorpels unter Belastung in der Lage. Die 6 Probanden mit in der Ruheendoskopie linksseitig vollständig gelähmtem Kehlkopf zeigten auch auf dem Laufband einen dynamischen Aryknorpelkollaps.

In der Studie von PARENTE (1995) waren alle Pferde, welche in der ruheendoskopischen Untersuchung nach dem Schluckakt beide Stellknorpel vollständig abduzieren konnten hierzu auch während der Laufbandbelastung in der Lage. 12 von 14 Probanden, die in der Ruheendoskopie den linken Aryknorpel nicht

voll öffnen konnten, zeigten in der laufbandendoskopischen Untersuchung einen Kollaps des betroffenen Stellknorpels.

9 von 35 Pferden, welche in der Untersuchung von KANNEGIETER und DOORE (1995) in Ruhe unauffällige oder asynchrone Bewegungen der Aryknorpel bei voller Abduktionsfähigkeit nach dem Schlucken aufwiesen, zeigten in der Laufbandendoskopie eine Abduktionsschwäche des linken Stellknorpels. 6 Pferde konnten in der Ruheendoskopie die volle Abduktion des linken Aryknorpels erreichen, aber nicht halten. 3 dieser Pferde konnten während der Laufbandbelastung eine vollständige Öffnung des Kehlkopfes erreichen und halten, eins konnte sie erreichen, aber nicht halten und 2 der Probanden konnten die volle Abduktion des linken Stellknorpels nicht erreichen. Alle Equiden mit linksseitiger Abduktionsverminderung nach dem Schluckakt oder vollständiger Lähmung in der Endoskopie in Ruhe zeigten auch in der Laufbandendoskopie einen Kollaps des linken Arytaenoids.

HAMMER et al. (1998) endoskopierte 26 Pferde, die in der Ruheendoskopie asynchrone und/oder asymmetrische Kehlkopfbewegungen zeigten und deren linker Aryknorpel auch nach dem Schluckakt nicht vollständig abduziert werden konnte, auf dem Laufband. Ein Proband konnte, auch unter voller Belastung, beide Aryknorpel dauerhaft vollständig abduzieren. 5 Pferde zeigten eine submaximale, aber in dieser Position stabile Abduktion des linken Stellknorpels und 20 Patienten zeigten einen deutlichen linksseitigen Aryknorpel- und Stimmfaltenkollaps, d.h. der betroffene Stellknorpel lag während der Belastung in einer Position axial zu seiner Grundstellung.

In der Studie von MARTIN et al. (2000) zeigte einer von 33 Patienten, welche zwar asynchrone und/oder asymmetrische Stellknorpelbewegungen, aber die volle Abduktionsfähigkeit beider Aryknorpel nach dem Schlucken in der Ruheendoskopie aufwiesen, einen dynamischen Kollaps des linken Arytaenoids. 29 der 36 Pferde, welche in der Ruheendoskopie nicht zur vollständigen Abduktion des linken Aryknorpels fähig waren, zeigten dieses Abduktionsdefizit auch auf dem Laufband.

TAN et al. (2005) untersuchten 112 Pferde mit Anzeichen der RLN in der Ruheendoskopie auch laufbandendoskopisch. Von den 18 Probanden, welche zur vollständigen Abduktion beider Aryknorpel nach dem Schluckakt fähig waren, zeigten 4 eine submaximale, aber in dieser Position dauerhaft stabile Abduktion des linken Arytaenoids und einer einen deutlichen, dynamischen Aryknorpelkollaps auf der linken Kehlkopfseite unter Belastung. Von den 45 Pferden, die in der Ruheendoskopie eine Abduktionsschwäche des linken Aryknorpels nach dem Schlucken zeigten, konnte eins auf dem Laufband die volle Abduktion erreichen und halten, 37 erreichten eine dauerhaft stabile, submaximale Abduktionsstellung und 7 zeigten einen deutlichen Kollaps des betroffenen Stellknorpels. Alle Pferde mit nahezu vollständiger oder vollständiger linksseitiger Kehlkopflähmung in Ruhe zeigten auch auf dem Laufband einen deutlichen Aryknorpelkollaps.

FRANKLIN et al. (2006) konnten in ihrer laufbandendoskopischen Arbeit bei 100% der Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollständigen Abduktion in der Ruheendoskopie auch einen dynamischen Kollaps des betroffenen Aryknorpels feststellen. Bei 13% der Pferde, welche zu einer vollständigen Abduktion in der Ruheendoskopie fähig waren, wurde ein zumindest partieller Aryknorpelkollaps unter Belastung diagnostiziert.

J. G. LANE et al. (2006b) fanden in ihren Studien heraus, dass 7% der Pferde, welche in Ruhe die vollständige Abduktion beider Stellknorpel erreichen und halten konnten, 39% der Probanden, die die volle Abduktion des linken Stellknorpels erreichen, aber nicht halten konnten und 81% der Equiden, welche die volle Abduktion des linken Aryknorpels nicht erreichen konnten, eine gewisse Form des dynamischen Kehlkopfkollaps unter Belastung zeigten.

Es konnte somit in den verschiedenen Studien bei 81 bis 100% der Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollständigen Abduktion in der Ruheendoskopie auch ein dynamischer Kollaps des betroffenen Aryknorpels festgestellt werden. Von den Pferden, welche zur vollständigen Abduktion in der ruheendoskopischen

Untersuchung fähig waren, zeigten zwischen 3 und 28% einen dynamischen Aryknorpelkollaps.

RAKESTRAW et al. (1991) und HAMMER et al. (1998) nutzten in ihren Arbeiten ein 3-Grad-Schema in der Bewertung der Kehlkopffunktion von Equiden anhand laufbandendoskopischer Befunde. Mit Grad IIIA werden Pferde beurteilt, welche während der Laufbandbelastung eine vollständige Abduktion erreichen und auch halten. Den Grad IIIB bekommen die Patienten zugeteilt, welche den erkrankten Aryknorpel in einer submaximalen, aber stabilen Abduktionsposition halten können. Pferde, deren betroffener Aryknorpel sich während der Belastung in Grundposition oder axial von dieser befindet, werden mit Grad IIIC bewertet.

Zur Objektivierung der Ergebnisse ihrer laufbandendoskopischen Untersuchungen nutzten RAKESTRAW et al. (1991) und HAMMER et al. (1998) eine planimetrische Messmethode. Hierzu bestimmten sie am Computer die Begrenzungen der Rima glottis, zeichneten die Symmetrieachse durch die dorsale und ventrale Kommissur der Stimmritze und errechneten dann die Flächen unter dem linken und rechten Aryknorpel. Sie setzten dann die linke zur rechten Fläche ins Verhältnis. REUTTER et al. (1994) überprüften die Nutzbarkeit dieser Methode an Standbildern ruheendoskopischer Untersuchungen und empfanden die Messgenauigkeit bei einer Varianz von  $>0,05$  als unbefriedigend. Sie führen dies darauf zurück, dass die genaue Bestimmung der Grenzen des Larynx auch bei guter Bildqualität sehr schwierig ist. Von REUTTER et al. (1994) wurde ein als Tangentennessmethode bezeichnetes trigonometrisches Messverfahren entwickelt. Hierbei wird die Symmetrieachse durch die ventrale und dorsale Kommissur der Rima glottis gelegt, diese Linie nach proximal um  $1/3$  der Strecke ventrale→dorsale Kommissur verlängert und von diesem Punkt aus werden dann die Tangenten an die Außenflächen der Stellknorpel gelegt. Anschließend wird der Quotient aus den zwischen rechter und linker Tangente und der Symmetrieachse messbaren Winkeln errechnet. Die Methode erreichte in ihrer Untersuchung mit einer Varianz von  $0,001$  eine hohe Genauigkeit und wurde auch von WEISHAUPT et al. (2004) verwendet.

Im Vergleich zur RLN, deren Diagnose in der überwiegenden Zahl der Fälle durch klinische und ruheendoskopische Untersuchungen zu stellen ist, ist die Feststellung der anderen bei Equiden auftretenden dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege über die Befunde der Ruheendoskopie kaum möglich (KANNEGIETER und DOORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006). Hier stellt die Endoskopie unter Belastungsbedingungen auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband (FRANKLIN 2008) oder während des Reitens mit Hilfe eines Trainingslaryngoskops (DESMAIZIERES et al. 2009) aktuell die einzige Untersuchungsmethode dar.

#### 2.1.4 Ultrasonographie

Eine ultrasonographische Untersuchungsmethode für den Larynx des Pferdes wurde erstmals von CHALMERS et al. (2006) vorgestellt. Ihnen war es möglich über 5 verschiedene Schallfenster unter anderem den Musculus cricoarytaenoideus lateralis, nicht aber den Musculus cricoarytaenoideus dorsalis darzustellen. In verschiedenen Arbeiten wurde gezeigt, dass der erstgenannte Muskel im Rahmen der RLN zuerst histologische Veränderungen aufweist und von diesen am stärksten betroffen ist. CHALMERS (2009) konnte in ihrer Studie bei 95% der Pferde mit einem dynamischen Larynxkollaps in der laufbandendoskopischen Untersuchung eine abnormale, erhöhte Echogenität des Musculus cricoarytaenoideus lateralis feststellen, während eine solche nur bei 5% der Pferde ohne Larynxkollaps auftrat.

#### 2.1.5 Elektromyographie

Die Elektromyographie zur Untersuchung der laryngealen Muskulatur wurde erstmalig von GOULDEN et al. (1976) beschrieben. Sie untersuchten die intrinsische Muskulatur der rechten Kehlkopfseite larynxgesunder Pferde in Allgemeinanästhesie in Hinblick auf ihre Aktivität und Bedeutung während der verschiedenen Atemphasen. Hierbei zeigten der M. cricoarytaenoideus dorsalis und der M. cricothyroideus maximale Aktivität während der Inspiration, sie waren aber ebenfalls während der anderen Atemphasen aktiv, so dass ihnen eine besondere Bedeutung in der Stabilisierung der Kehlkopffunktion zugesprochen wurde. MOORE et al. (1988) stellten bei der elektromyographischen Untersuchung des M. cricoarytaenoideus

dorsalis von an RLN erkrankten Pferden oftmals ein völliges Fehlen der Aktivität der motorischen Einheiten fest. Ließ sie sich darstellen, war sie oft nicht in Korrelation zu den Atemphasen zu bringen. Nach MAYHEW (2004) ist diese Untersuchungsmethode sehr nützlich bei Patienten mit einem plötzlichen Auftreten von Symptomen der RLN, bei welchen bei vollständiger Lähmung eines Aryknorpels ohne Muskelatrophie eine erworbene Läsion des Nervus laryngeus recurrens vermutet wird.

#### 2.1.6 Elektrolaryngeographie

Die Elektrolaryngeographie, eine elektrodiagnostische Messmethode, bei welcher die Verzögerungszeit der Reaktion des Kehlkopfes auf den Thorako-Laryngealen-Reflex erfasst wird, wurde erstmalig von COOK und THALHAMMER (1991) durchgeführt. Sie stellten eine gute Übereinstimmung zwischen dem Anstieg des RLN-Grades und der Verzögerung der Reflexantwort fest und sehen dieses Untersuchungsverfahren in der Diagnostik der Recurrenslähmung als objektiv, nichtinvasiv, genau, schnell und einfach durchzuführen an. CURTIS et al. (2005) konnten in ihrer Studie an 60 Vollblütern mit einem RLN Grad von 1 oder 2 im 5-Grad-Schema nach LANE (1993) einen signifikanten Unterschied in der Verzögerung der Reflexantwort zwischen Grad 1 und 2 Pferden feststellen. Dagegen fanden HAWE et al. (2001) in ihrer Arbeit an Ponies und Clydesdales keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verzögerungszeiten der Reflexantwort bei unterschiedlichen Graden der RLN. Zudem konnten sie bei 4 von 30 Clydesdales kein Elektrolaryngeogramm erfassen, so dass sie abschließend die Elektrolaryngeographie nicht als akkuraten Test für die Untersuchung auf die Recurrent Laryngeal Neuropathie ansehen. MAYHEW (2004) hält die Übertragung solcher statistischer Ergebnisse auf den einzelnen Patienten für schwierig.

#### 2.1.7 Laboruntersuchungen

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die RLN zu messbaren Beeinträchtigungen kardiorespiratorischer und metabolischer Blutparameter führen kann (DIXON 1982; BAYLY et al. 1984; MANOHAR 1986; MANOHAR et al. 1988;

TATE et al. 1993; C. M. KING et al. 1994; EHRLICH et al. 1995; CHRISTLEY et al. 1997; DURANDO et al. 2002). So stellte DIXON (1982) eine signifikante Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes bei Pferden mit RLN im Vergleich zu nicht erkrankten Pferden während der Belastung fest. MANOHAR (1986) untersuchte PaO<sub>2</sub> und PaCO<sub>2</sub> bei larynxgesunden Ponies und solchen mit durch Neurektomie des Nervus laryngeus recurrens induzierter RLN in Ruhe und während einer Laufbandbelastung. Die RLN-Patienten zeigten im Galopp im Vergleich zur Ruhe moderat erhöhte Kohlendioxidpartialdrücke, während diese bei den larynxgesunden Pferden abnahmen. Der PaO<sub>2</sub> war bei den Probanden mit Recurrenslähmung unter Belastung deutlich vermindert, in der larynxgesunden Gruppe blieb er konstant. MANOHAR et al. (1988) kamen in Bezug auf die arteriellen Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdrücke zu einem vergleichbaren Ergebnis, außerdem konnten sie bei den Ponies mit induzierter Recurrenslähmung einen im Vergleich zu den gesunden Probanden erhöhten Lactatspiegel bei Belastung nachweisen. TATE et al. (1993) untersuchten PaO<sub>2</sub> und PaCO<sub>2</sub> von 4 Vollblutpferden mit vollständiger linksseitiger Kehlkopflähmung vor und nach Laryngoplastik. Vor Korrektur zeigten die an RLN erkrankten Pferde eine signifikante Verminderung des Sauerstoff- und Erhöhung des Kohlendioxidpartialdrucks im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. Nach Laryngoplastik war eine Erhöhung des PaO<sub>2</sub> im Vergleich zu den Werten vor der Operation zu erkennen, es bestand aber weiterhin eine signifikante Erniedrigung zur Kontrollgruppe. Beim PaCO<sub>2</sub> war kein signifikanter Unterschied mehr festzustellen. EHRLICH et al. (1995) stellten bei 4 Pferden nach Induktion einer linksseitigen Aryknorpellähmung eine Erniedrigung des PaO<sub>2</sub>, aber keine Erhöhung des Laktatspiegels unter Spitzenbelastung fest. CHRISTLEY et al. (1997) stellten bei Pferden mit mittel- bis hochgradiger RLN unter Laufbandbelastung einen signifikant geringeren PaO<sub>2</sub>, eine signifikant niedrigere Sauerstoffsättigung und einen signifikant erhöhten PaCO<sub>2</sub> im Vergleich zu larynxgesunden bzw. geringgradig an RLN erkrankten Pferden fest.

## 2.2 Andere dynamisch-stenotische Erkrankungen der oberen Atemwege

### 2.2.1 Dorsalverlagerung des Gaumensegels

Die Dorsalverlagerung des Gaumensegels, auf Englisch als Dorsal Displacement of the Soft Palate (DDSP) bezeichnet, wird von MORRIS und SEEHERMANN (1990) sowie KANNEGIETER und DOORE (1995) nach der Recurrent Laryngeal Neuropathie (RLN) als zweithäufigste dynamisch-stenotische Erkrankung der oberen Atemwege angesehen. Nach FRANKLIN (2008) stellt das DDSP bei Rennpferden aber die häufigste Anomalie der oberen Atemwege bei Patienten mit einer Leistungsschwäche dar, was die neueren Arbeiten von MARTIN et al. (2000) und J. G. LANE et al. (2006a) so bestätigen. Insgesamt besitzt die Erkrankung bei wegen einer Leistungsschwäche und oder eines Atemgeräusches untersuchten Rennpferden mit einer Erkrankung der oberen Atemwege eine Prävalenz von 29 bis 77 % (E. A. MORRIS u. SEEHERMAN 1990; KANNEGIETER u. DORE 1995; MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a), wobei das DDSP aber auch bei Pferden anderer Nutzungsrichtungen mit geringerer Belastungsintensität beobachtet werden kann (FRANKLIN et al. 2006). Für die Gesamtpopulation der Rennpferde wird eine Prävalenz von 1 bis 6,5 % vermutet (FRANKLIN et al. 2002).

Der freie Rand des Gaumensegels, welcher mit dem Arcus palatopharyngeus das Ostium intrapharyngeum bildet, liegt normalerweise, außer während des Schluckaktes, unter der Epiglottis. Beim DDSP kommt es zu einer Verlagerung des kaudalen Gaumensegelrandes über den Kehledeckel, was zu einer Obstruktion der Rima glottis führt. Als Folge kommt es zu einer Verringerung der Minutenventilation und damit des Sauerstoffangebotes, was bei den betroffenen Pferden zu einem sofortigen starken Leistungsabfall führt (FRANKLIN et al. 2002). Weiterhin verursacht das DDSP bei vielen Pferden ein typisches, expiratorisches, schlotternd-gurgelndes Atemgeräusch (COOK 1965; HAYNES 1983), was aber in verschiedenen Untersuchungen bei bis zu 30 % der Pferde mit einer Dorsalverlagerung des Gaumensegels nicht auftrat (MARTIN et al. 2000; DERKSEN et al. 2001; PARENTE et al. 2002).

Auch wenn die Belastung auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband die Bedingungen unter Rennbelastung nur bedingt nachstellt und somit nicht bei allen Patienten mit einem Verdacht bzw. deutlichen Hinweisen auf ein DDSP zu einer eindeutigen Diagnose führen kann, ist die Laufbandendoskopie aktuell doch die Methode der Wahl zur Feststellung der Dorsalverlagerung des weichen Gaumens (MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). Ruheendoskopische Befunde haben, trotz eines signifikanten Zusammenhanges zu laufbandendoskopischen Befunden, bei hoher Sensitivität und geringer Spezifität nur eine geringe Bedeutung für die Vorhersage und Diagnose der Dorsalverlagerung des Gaumensegels beim Rennpferd (FRANKLIN 2008).

Die Ursache für die Entstehung eines DDSP ist unklar. HOLCOMBE et al. (1998) konnten nach bilateraler Blockade der die Muskulatur des weichen Gaumens innervierenden Rami pharyngei der Nervi vagi an vorher unauffälligen Pferden ein DDSP hervorrufen und schließen hieraus auf eine Schwäche der intrinsischen Gaumensegelmuskulatur als Ätiologie für die Gaumensegelverlagerung. Eine Fehlfunktion des Musculus thyrohyoideus als Ursache vermuten DUCHARME et al. (2003). Verschiedene Autoren sehen eine hypoplastische oder zu weiche Epiglottis als ursächlich für ein DDSP an (HAYNES 1981; LINFORD et al. 1983; HOBBO et al. 1995). PARENTE et al. (1998) können keinen Zusammenhang zwischen Epiglottislänge und Verlagerung des weichen Gaumens nach dorsal erkennen. In einer experimentellen Studie zur Retroversion der Epiglottis konnte gezeigt werden, dass ein verminderter Kontakt zwischen Kehldeckel und weichem Gaumen keine Veränderung der Position des kaudalen Anteils des Gaumensegels zur Folge hat.

### 2.2.2 Instabilität des Gaumensegels

Eine Instabilität des Gaumensegels, im Englischen als Palatal Instability (PI) bezeichnet, welche sich in progressiver, dorso-ventraler, wellenartiger Bewegung von diesem äußert, wird von mehreren Autoren für den kaudalen Aspekt des weichen Gaumens beschrieben (KANNEGIETER u. DOORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). Da sowohl von KANNEGIETER und DOORE (1995), als auch von J. G. LANE et al. (2006a) die Instabilität des Gaumensegels nicht nur isoliert

diagnostiziert wurde, sondern häufig direkt vor einem DDSP zu beobachten war, geht man für die PI und das DDSP von zwei Manifestationsformen einer Erkrankung aus (J. G. LANE et al. 2006a). Die klinische Bedeutung dieser Erkrankung ist unklar: abnormale Atemgeräusche sind nicht oder nur sehr gering während der Inspiration vorhanden (FRANKLIN et al. 2002) und die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit variiert mit der Stärke der nasopharyngealen Obstruktion (FRANKLIN 2008).

Eine Instabilität des rostralen Abschnitts des weichen Gaumens tritt sehr selten auf und scheint eine andere Genese als das DDSP und die PI zu besitzen. Sie wird in der Literatur von DUCHARME (2006) und ALLEN et al. (2007) beschrieben und führt in Abhängigkeit von der Schwere der Obstruktion zur Entstehung lauter, inspiratorischer Atemgeräusche schon bei geringer Belastung (FRANKLIN 2008). DUCHARME (2006) hält die Leistungsminderung durch diese dynamisch-stenotische Erkrankung für gering, da nur eine moderate Obstruktion der Atemwege zu beobachten ist. Die Diagnose kann in der Ruheendoskopie nicht sicher gestellt werden, und bei der Laufbandendoskopie ist auf eine weit rostrale Lage des Endoskops zu achten (FRANKLIN 2008). Experimentell konnte eine Instabilität des rostralen Anteils des Gaumensegels durch eine Tenektomie des Musculus tensor veli palatini hervorgerufen werden (HOLCOMBE et al. 1997a).

### 2.2.3 Dynamischer Pharynxkollaps

Beim dynamischen Pharynxkollaps handelt es sich um eine eher seltene dynamisch-stenotische Erkrankung der oberen Atemwege, welche bei Rennpferden, die zur Feststellung der Ursache einer Leistungsinsuffizienz und/oder eines Atemgeräusches laufbandendoskopisch untersucht werden, mit einer Prävalenz von 1,3 bis 4 % auftritt (KANNEGIETER u. DORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). In der Arbeit von MARTIN et al. (2000) tritt der Kollaps der Pharynxwände mit einer Prävalenz von 27 % auf, was auf den hohen Anteil an Trabrennpferden zurückgeführt wird, bei welchen die stärkere Flexion des Genicks bei Arbeit im Geschirr den Kollaps eventuell verstärken kann (BOYLE et al. 2006). Von DAVIDSON et al. (2002) und FRANKLIN et al. (2006) wird ein häufigeres Auftreten dieser Erkrankung bei Sport- als bei Rennpferden beschrieben, was auch hier auf die Beugung im Genick zurückgeführt wird. STRAND et al. (2009) konnten bei ihrer

Untersuchung an norwegischen Kaltblütern ebenfalls eine Beeinflussung der Rachenwände im Sinne eines dynamischen Kollapses durch Beugung des Genicks hervorrufen.

Kollabieren können bei dieser Erkrankung die lateralen Pharynxwände nach axial oder das Rachendach nach ventral, wobei aber auch komplexe Formen mit einem Kollaps aller drei Pharynxwände in Kombination mit einer Aufwärtsbewegung des weichen Gaumens möglich sind, was zu einer zirkulären Einengung führt (BOYLE et al. 2006). BOYLE et al. (2006) nutzen daher ein Bewertungsschema, mit dem sie nicht nur die Anzahl der betroffenen Rachenwände, sondern auch die Stärke der Einwärtsbewegung graduieren.

Patienten, welche von einem dynamischen Pharynxkollaps betroffen sind, zeigen entweder raue, oder auch musikalische Atemgeräusche während der Inspiration (FRANKLIN 2008) und oftmals eine Leistungsintoleranz (DUCHARME 1992; KANNEGIETER und DOORE 1995; MARTIN et al. 2000; BOYLE et al. 2006).

Die Diagnose ist nur im Rahmen einer Laufbandendoskopie zu stellen. Zwar zeigen einige Pferde, welche unter Belastung auf dem Laufband einen Pharynxkollaps entwickeln, schon in der Ruheendoskopie während nasaler Okklusion einen Kollaps der Rachenwände, doch ist dies auch bei nicht am dynamischen Pharynxkollaps erkrankten Pferden der Fall, so dass solche Befunde wenig Bedeutung besitzen (FRANKLIN 2008).

Die Ätiologie des dynamischen Pharynxkollaps ist weitestgehend ungeklärt. CARR et al. (1996) konnten bei Pferden mit generalisierter Muskelschwäche durch die hyperkaliämische periodische Paralyse auch einen Pharynxkollaps feststellen. Experimentell konnte ein Pharynxkollaps durch eine lokale Anästhesie der Rachenschleimhaut hervorgerufen werden, was zu der Vermutung führte, dass ein Schaden der Mechanorezeptoren in der Schleimhaut oder der Äste des Nervus laryngeus cranialis an der Erkrankung ursächlich beteiligt sein könnte (HOLCOMBE et al. 2001). Durch die Anästhesie des Nervus glossopharyngeus mit konsekutiver Lähmung des Musculus stylopharyngeus konnten TESSIER et al. (2004) einen Kollaps des Rachendaches hervorrufen, was die Beteiligung der Dysfunktion dieses Muskels am Krankheitsbild des dynamischen Pharynxkollaps vermuten ließ.

#### 2.2.4 Stimmfaltenkollaps

Der dynamische Stimmfaltenkollaps ist eine Erkrankung, welche nicht nur in Kombination beziehungsweise als Folge eines Aryknorpelkollapses im Rahmen der Recurrent Laryngeal Neuropathie auftritt, sondern auch isoliert beobachtet werden kann (KANNEGIETER u. DORE 1995; MARTIN et al. 2000; DART et al. 2001; TAN et al. 2005; FRANKLIN et al. 2006; J. G. LANE et al. 2006a). Er kann links-, rechts- oder beidseitig auftreten und wird bei Pferden, welche aufgrund einer Leistungsschwäche und/oder eines Atemgeräusches zur Laufbandendoskopie vorgestellt werden, mit einer Prävalenz von 2 bis 12 % auf (J. G. LANE et al. 2006a; FRANKLIN 2008). Erkrankte Pferde können ein inspiratorisches, hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch aufweisen, präsentieren sich aber in der Ruheendoskopie unauffällig, so dass eine laufbandendoskopische Untersuchung zur Stellung der Diagnose nötig ist (J. G. LANE et al. 2006a; FRANKLIN 2008). Die Ätiologie des Stimmfaltenkollapses ist unbekannt, vermutet wird, dass es sich um eine subtile Form der Recurrent Laryngeal Neuropathie handelt (KANNEGIETER u. DORE 1995). Eine Instabilität der Stimmfalten konnte von HOLCOMBE et al. (2006) nach bilateraler Myotomie des Musculus cricothyroideus hervorgerufen werden, was eine Dysfunktion dieses Muskels, zum Beispiel als Folge einer iatrogenen Verletzung der lateralen Äste des ihn innervierenden Nervus laryngeus cranialis, als Ursache für diese Erkrankung vermuten lässt. Auch in der Humanmedizin, wo diese Erkrankung im Zusammenhang mit belastungsinduziertem Asthma (RUNDELL u. SPIERING 2003), Larynxirritationen durch gastrooesophagealem Reflux und emotionalem Stress beobachtet wird, bleibt die Ursache unklar (AHRENS et al. 2001; NEWSHAM et al. 2002).

#### 2.2.5 Axiale Deviation der Plica aryepiglottica

Die axiale Deviation der Plica aryepiglottica (ADAF = Axial Deviation of the Aryepiglottic Fold), bei welcher es zur Abweichung dieser doppellagigen, zwischen Aryknorpel und Epiglottis verlaufenden Schleimhautfalte zur Medianen hin kommt, wird in verschiedenen laufbandendoskopischen Untersuchungen an Rennpferden mit

dem Vorbericht einer Leistungsinsuffizienz oder eines Atemgeräusches mit einer Prävalenz von 5 bis 55% diagnostiziert. Betroffene Patienten können ein inspiratorisches, hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch, ähnlich dem bei einem Aryknorpel- und Stimmfaltenkollaps, und, abhängig von der Schwere der Erkrankung, eine Leistungsschwäche zeigen (FRANKLIN 2008). In der Arbeit von KING et al. (2001) konnte bei 83% der Pferde mit einer ADAF ein Atemgeräusch und bei allen Patienten eine Leistungsschwäche festgestellt werden. Die Erkrankung wird in erster Linie bei Rennpferden festgestellt, ist aber auch bei Pferden anderer Rassen und Nutzungsrichtungen zu finden (FRANKLIN et al. 2006). Die ADAF kann links-, rechts- oder beidseitig auftreten und wird häufig alleine (KANNEGIETER u. DORE 1995; MARTIN et al. 2000; D. S. KING et al. 2001; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a), aber auch in Kombination mit verschiedenen anderen dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege diagnostiziert (TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). Die Erkrankung ist, da in der Ruheendoskopie keine hinweisenden Befunde zu erheben sind, nur durch eine endoskopische Untersuchung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband festzustellen. Die Ätiologie der axialen Deviation der Plica aryepiglottica ist weiterhin unklar. PARENTE et al. (1994) sehen einen Zusammenhang zwischen Dysfunktionen des Gaumensegels und der ADAF und FRANKLIN (2008) hält einen Spannungsverlust der Schleimhautfalte bei Fehlfunktion der Aryknorpel oder der Epiglottis für möglich. KING et al. (2001) können bei den von ihnen untersuchten Patienten keinen Zusammenhang zwischen der ADAF und anderen Erkrankungen der oberen Atemwege feststellen. J. G. LANE et al. (2006a) und FRANKLIN (2008) sehen es, da muskuläre Strukturen in der Plica aryepiglottica fehlen, als logisch an, dass eine Überdehnung der Schleimhautdoppelschicht oder ein Übermaß an Gewebe für ihre axiale Deviation verantwortlich ist. Histologische Untersuchungen der Aryepiglottisfalten von an ADAF betroffenen Equiden zeigten fokale Entzündungen und Ödeme, ähnlich zu den Befunden, welche man bei Menschen mit Laryngomalazie findet, wobei aber nicht zu klären ist, ob sie Ursache oder Folge der axialen Deviation der Plica aryepiglottica sind (MCCLUSKIE et al. 2006).

### 2.2.6 Intermittierendes Entrapment der Epiglottis

Beim Entrapment der Epiglottis wird der Kehldeckel von der subepiglottalen Schleimhaut und den Aryepiglottisfalten so umhüllt, dass seine Ränder nicht mehr zu erkennen sind (BOLES et al. 1978). Diese Erkrankung tritt in der Mehrzahl permanent auf und ist in der Ruhelaryngoskopie zu erkennen, für Rennpferde wird eine Prävalenz von 0,1 bis 2% angegeben (RAPHEL 1982; SWEENEY et al. 1991; BROWN et al. 2005). Das Entrapment der Epiglottis kann in seltenen Fällen aber auch intermittierend unter Belastung im Sinne einer dynamisch-stenotischen Erkrankung der oberen Atemwege auftreten (E. A. MORRIS u. SEEHERMANN 1991; KANNEGIETER u. DORE 1995). Equiden mit einem Epiglottisentrainment zeigen ein in- und expiratorisches Atemgeräusch, hervorgerufen durch die Vibrationen der den Kehldeckel umhüllenden Schleimhaut. Ein intermittierendes Entrapment der Epiglottis kann bei manchen Pferden in Kombination mit einer intermittierenden oder permanenten Gaumensegelverlagerung beobachtet werden (HAYNES 1983; KANNEGIETER u. DORE 1995). Die Ätiologie dieser Erkrankung ist in den meisten Fällen unbekannt, wird aber in Verbindung mit einer Entzündung der Schleimhaut unter der Epiglottis, Subepiglottiszysten und der Epiglottishypoplasie gebracht (HAYNES 1983; LINFORD et al. 1983).

### 2.2.7 Retroversion der Epiglottis

Die Retroversion der Epiglottis wurde von PARENTE et al. (1998) als Grund für eine dynamisch-stenotische Obstruktion der oberen Atemwege bei zwei Pferden beschrieben. Auch von HUSSKAMP (1992) sowie von v. OPPEN und OHNESORGE (2002) wird die Retroversion der Epiglottis beschrieben. Bei dieser Erkrankung kommt es zum Zurückschlagen der Spitze der Epiglottis während der Inspiration mit zumindest partiellem Verschluss der Rima glottis. Hieraus resultiert ein lautes inspiratorisches Atemgeräusch und eine von der Stärke der Obstruktion abhängige Leistungsinsuffizienz und Dyspnoe (PARENTE et al. 1998). In den laufbandendoskopischen Untersuchungen von Pferden mit einem Atemgeräusch und/oder einer Leistungsinsuffizienz ist die Retroversion der Epiglottis aber eine sehr selten zu stellende Diagnose (DART et al. 2001; TAN et al. 2005). Die Erkrankung

konnte experimentell durch eine Anästhesie des Nervus hypoglossus hervorgerufen werden (HOLCOMBE et al. 1997b) und konnte nach schweren Infektionen der Atemwege und chirurgischen Eingriffen, welche den Nervus hypoglossus geschädigt haben könnten, beobachtet werden (HOLCOMBE et al. 1997b; PARENTE et al. 1998). FRANKLIN et al. (2006) konnten die Retroversion des Kehledeckels bei 2 Patienten während sehr starker Einbeugung des Genicks beobachten.

#### 2.2.8 Ventroaxiale Subluxation der Spitze des Processus corniculatus

Die Ventroaxiale Subluxation der Spitze des Processus corniculatus eines Aryknorpels wurde als sehr seltene dynamisch-stenotische Erkrankung der oberen Atemwege erstmalig von DART et al. (2005) beschrieben. Hierbei kommt es zu einem Kollaps der Spitze des einen Processus corniculatus unter den anderen in Richtung zur Rima glottis. Die Erkrankung konnte von DART et al. (2005) bei 4,9% und von FRANKLIN (2008) bei 0,5% der aufgrund eines Atemgeräusches und/oder einer Leistungsinsuffizienz untersuchten Pferde festgestellt werden. In beiden Studien war die Ruheendoskopie der betroffenen Patienten unauffällig, so dass die Diagnose nur durch die endoskopische Untersuchung auf dem Laufband gestellt werden konnte. BARAKZAI et al. (2007) hingegen konnten bei 5,2% der von ihnen untersuchten Clydesdales und bei einem Vollblut eine ventro-axiale Subluxation des linken oder rechten Proc. corniculatus auch in der Ruheendoskopie feststellen. Da die Erkrankung immer in Kombination mit anderen dynamischen Stenosen der oberen Atemwege auftritt, ist ihre klinische Bedeutung nur schwierig abzuschätzen.

Die Ätiologie der Erkrankung ist ungeklärt. DART et al. (2005) vermuten, dass durch eine Schwäche des Musculus arytaenoideus dorsalis bei steigendem inspiratorischem Unterdruck während der Belastung der Proc. corniculatus eines Stellknorpels kollabieren kann. BARAKZAI et al. (2007) konnten am Kehlkopf eines Patienten postmortal ein sehr weites Ligamentum arytaenoideum transversum finden, wodurch eine Verlagerung der Stellknorpel leicht möglich war.

### 2.2.9 Erkrankungen der Trachea

Erkrankungen der Trachea, welche zu einer dynamischen Stenose führen können, sind in der Literatur nur vereinzelt beschrieben. GOULDEN (1977) berichtet von einem intatrachealen Prolaps der crico-trachealen Membran, welcher mit einem inspiratorischem Atemgeräusch und einer Leistungsminderung einhergeht. Die Ätiologie ist auch hier unklar, vermutet wird, dass betroffene Equiden angeboren einen weiten Abstand zwischen dem Ringknorpel und erstem Trachealring besitzen, wodurch sich die Membran bei Inspiration in die Luftröhre vorwölben kann.

Ein Kollaps der Trachea wird von HANSELKA (1973) und TETENS et al. (2000) als Ursache für ein abnormales Atemgeräusch und eine Leistungsschwäche beschrieben.

### 3 Teil A: Zum Einfluss des Sedativums Detomidin auf die endoskopisch evaluierbare Funktion der oberen Atemwege beim Pferd

#### 3.1 Einleitung

Dynamisch-stenotische Erkrankungen der oberen Atemwege gehören beim Pferd zu den häufigsten Ursachen für eine Leistungsinsuffizienz und/oder Atemgeräusche. Von besonderer Bedeutung ist dabei in dieser großen Gruppe von Krankheiten die Recurrent laryngeal neuropathie (RLN), welche eine distale Axonopathie des Nervus laryngeus recurrens mit konsekutiver Funktionsstörung des Kehlkopfes darstellt (CAHILL u. GOULDEN 1987). Die Diagnostik dieser Erkrankung beruht routinemäßig auf der ruheendoskopischen Untersuchung, welche in Verbindung mit den klinischen Symptomen, vor allem einem inspiratorischen, tonartigen Atemgeräusch, allgemein als ausreichend zur Feststellung der RLN angesehen wird. Insbesondere in Zweifelsfällen aber ziehen viele Autoren die laufbandendoskopische Untersuchung heran, welche als diagnostischer Goldstandard angesehen wird (ANDERSON 2004; DUCHARME und HACKETT 1991), da man mit ihr die Kehlkopffunktion unter Belastung bewerten kann. Eine kontroverse Diskussion besteht seit etwa 30 Jahren über den Einfluss von Sedativa auf die Kehlkopfmotorik und ihren Einsatz im Rahmen der Ruheendoskopie beim Pferd. Ein Teil der Autoren lehnt ihren Einsatz während der Endoskopie ab, weil sie eine für die Befunderhebung nachteilige und rein auf der pharmakologischen Wirkung des Medikaments beruhende, die tatsächlichen Befunde verfälschende Beeinflussung postulieren (HAYNES 1978, 1984; PASCOE 1981; BAKER 1983b; ARCHER et al. 1991; BATHE 1993; VALDEZ-VAZQUEZ et al. 1995). Hingegen sagen COOK et al. (1988) und COOK (1988b), dass eine systemisch applizierte Substanz auf beide Kehlkopfhälften gleich wirken muss und somit keine Asynchronie oder Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen hervorrufen kann, außerdem soll nach ihrer Meinung eine bestehende Asymmetrie unter Sedierung verdeutlicht werden. Auch OHNESORGE (1990) und DEEGEN et al. (2000) halten durch die gesteigerte Untersuchungsakzeptanz und die Erhöhung der

Amplitude der Kehlkopfbewegungen nach Sedierung die Laryngoskopie unter dem Einfluss eines Sedativums für vorteilhaft. Ebenso befürworten LINDEGAARD et al. (2007) die endoskopische Diagnostik der RLN am sedierten Pferd, da sie vermuten, dass der Einfluss des Sedativums der während einer Belastung auftretenden Ermüdung der Kehlkopfmuskulatur gleicht und deshalb diagnostisch wertvoll ist. Ihrer Meinung nach sind weitere Untersuchungen nötig, um ihre Ergebnisse zu überprüfen und den Einfluss der Sedativa auf die Kehlkopffunktion weitergehend zu evaluieren und korrekt zu bewerten.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss des Sedativums Detomidin auf die endoskopisch evaluierbare Kehlkopffunktion des Pferdes zu untersuchen. Weiterhin wurde im Rahmen der Untersuchungen der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Atemgeräuschen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Klangqualität und der endoskopisch bewerteten Kehlkopffunktion betrachtet.

## 3.2 Material und Methode

### 3.2.1 Material

Untersucht wurden im Zeitraum von Mai 2008 bis Februar 2009 48 Warmblutpferde, bei denen es sich sowohl um Patienten der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, als auch um klinikeigene Pferde handelte. Die Probanden, 11 Stuten, 4 Hengste und 33 Wallache mit einem Alter von 3-19 Jahren (Median 8 Jahre), einer Größe von 162-187 cm (Median 170 cm) und einem Gewicht von 520-715 kg (Median 607,5 kg), wurden in den Räumlichkeiten der Klinik für Pferde untersucht. Ausschlusskriterien waren eine Größe von weniger als 150 cm Stockmaß, ein Alter unter 2 bzw. über 20 Jahre, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der tiefen Atemwege oder des Bewegungsapparates, welche eine Belastung an der Longe nicht zuließen, eine bereits durchgeführte chirurgische Therapie im Bereich der oberen Atemwege sowie in Ruhe klinisch oder endoskopisch diagnostizierbare Erkrankungen der oberen Atemwege exklusive der Hemiplegia laryngis, der während der Endoskopie spontan auftretenden und reponierbaren dorsalen Gaumensegelverlagerung und allen auf die Nasennebenhöhlen beschränkten Erkrankungen.

### 3.2.2 Methode

Vor der Untersuchung der Patienten wurde im Rahmen der Anamnese das Auftreten von Atemgeräuschen, einer Leistungsinsuffizienz sowie die Historie einer Druseerkrankung oder einer paravenösen Injektion bzw. Periphlebitis erfragt. 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 eine eingehende Palpation beider Jugularvenen und der Processus musculares der Aryknorpel im Seitenvergleich.

### 3.2.2.1 Untersuchung auf Atemgeräusche

Alle Pferde wurden in der Reithalle an der Longe im Hinblick auf das Auftreten von Atemgeräuschen belastet. Die Probanden trugen eine Trense mit englisch kombinierten Reithalter und einer einfach gebrochenen Wassertrense und wurden mittels zweier seitlicher Ausbindezügel und eines Longiergurtes so ausgebunden, dass die Nasenrückenlinie sich in der Senkrechten oder knapp davor befand. Alle Pferde wurden standardisiert 5 min ausgebunden im Trab und je 5 min ausgebunden und 2,5 min unausgebunden im Galopp auf beiden Händen untersucht. Die Kontinuität, die Klangqualität und die Lautstärke auftretender Atemgeräusche sowie die zugehörige Atemphase wurden vermerkt und anschließend eine Einteilung der Probanden in fünf Kategorien vorgenommen.

Tab.1: Einteilung der Atemgeräusche in Kategorien

| Kategorie | Merkmalsausprägung   |
|-----------|--|
| A         | Kein Atemgeräusch  |
| B         | Typisches, diskontinuierliches Atemgeräusch                |
| C         | Typisches, kontinuierliches Atemgeräusch                   |
| D         | Typisches Atemgeräusch und andere, atypische Atemgeräusche |
| E         | Andere, atypische Atemgeräusche                            |

Als typisch wurde ein Atemgeräusch klassifiziert, wenn es während der Inspiration auftrat, einen ton- oder ch-artigen Klangcharakter zeigte und dabei ein hohes, tiefes oder auch gemischtes Frequenzspektrum aufwies. Als kontinuierlich wurden alle Geräusche bezeichnet, welche auf beiden Händen im Galopp, sowohl mit als auch ohne Ausbindung, durchgehend zu vernehmen waren.

### 3.2.2.2 Laryngoskopische Untersuchung

Die endoskopische Untersuchung wurde in einem Untersuchungsstand oder in der Box durchgeführt. Verwendet wurde ein flexibles Endoskop mit einer Länge von 130 cm und einem Durchmesser von 9,8 mm (Olympus PCF Typ 130I; Olympus Corporation, Tokio, Japan) in Verbindung mit einer Xenon-Lichtquelle und einem digitalen Prozessor (Olympus Exera CLV-160; Olympus Corporation, Tokio, Japan).

Die Pferde wurden von einer Hilfsperson mit einem Halfter am Kopf fixiert, bei 5 Pferden wurde bei der Untersuchung ohne Sedation zusätzlich eine Oberlippenseilbremse als Zwangsmaßnahme verwendet. Von einer zweiten Hilfsperson wurde das Endoskop über die rechte Nüster in den ventralen Nasengang eingeführt und so weit vorgeschoben, bis der Kehlkopf in seiner Gesamtheit bildfüllend zu betrachten war. Es wurde dann die Motilität des Kehlkopfes bei nicht stimulierter Atmung, während nasaler Okklusion sowie nach Induktion eines Schluckaktes durch Berührung der Kehlkopfschleimhaut mittels eines über den Arbeitskanal des Endoskops eingeführten flexiblen Katheters oder eines über diesen applizierten Wasserstrahls betrachtet und die endoskopische Untersuchung mit einem S-VHS-Recorder aufgezeichnet. Die Untersuchung wurde bei allen Probanden ohne Sedierung sowie 3-5 min nach intravenöser Injektion des Sedativums Detomidinhydrochlorid (Domosedan®; Pfizer GmbH, Karlsruhe, Germany) in einer Dosierung von 12-15 µg/kg KGW analog durchgeführt.

Die so erhaltenen Videoaufnahmen wurden anschließend digitalisiert und für jede Untersuchung mit Hilfe des Videobearbeitungsprogrammes MPEG-Wizzard (Womble Multimedia, Inc., USA) eine etwa 2minütige Videosequenz erstellt, welche mindestens 1 Minute Atemzüge ohne Beeinflussung der Atmung, mindestens einen Schluckakt sowie die Atemzüge unter nasaler Okklusion enthalten musste.

Die so erhaltenen Videos wurden verblindet und anschließend drei Untersuchern unabhängig zur Bewertung vorgelegt. Die Beurteilung erfolgte nach den Graduierungssystemen von OHNESORGE (1990) und DUCHARME (2005), indem die maßgeblichen Bewertungsaspekte einzeln erfasst wurden.

Ungleichmäßigkeiten in den Bewegungen der beiden Aryknorpel wurden als verminderte Abduktion des linken Stellknorpels aufgenommen, eine Quantifizierung des Motilitätsdefizites erfolgte jeweils im Vergleich zur rechten Seite (Tab. 2). Da bei einem Probanden die Abduktionsverminderung während einer Laryngoskopie in ihrer Stärke variieren kann und die Schweregrade dabei unterschiedlich häufig auftreten können wurde auch dies erfasst, indem bei vereinzelter Auftreten einer Merkmalsausprägung ihr Wert mit 1, bei überwiegender Auftreten mit 2 und bei ausschließlicher Auftreten mit 3 multipliziert. Bei gleichhäufigem Auftreten von zwei

Merkmalsausprägung wurden beide Werte jeweils mit dem Faktor 1,5 multipliziert. Die so für die aufgetretenen Schweregrade ermittelten Einzelwerte ergeben in der Addition die Quantität der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen, welche bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung bewertet wurde. So erhält zum Beispiel ein Pferd, welches überwiegend keine Abduktionsverminderung (Wert 1) und vereinzelt ein Abduktionsdefizit  $< 1/3$  (Wert 2) zeigt,  $2 \times 1 + 1 \times 2 = 4$  Scorepunkte (Bsp.2).

Tab. 2: Exemplarischer Auszug aus dem Bewertungssystem für die Stärke der linksseitigen Abduktionsverminderung in Scorepunkten (SP)

|        | Häufigkeit des Auftretens | Abduktionsverminderung |                 |                 |                 | SP |
|--------|---------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
|        |                           | keine ( Wert 1)        | $<1/3$ (Wert 2) | $<2/3$ (Wert 3) | $>2/3$ (Wert 4) |    |
| Bsp. 1 | ausschließlich (x3)       | X                      |                 |                 |                 | 3  |
| Bsp. 2 | überwiegend (x2)          | X                      |                 |                 |                 | 4  |
|        | vereinzelt (x1)           |                        | X               |                 |                 |    |
| Bsp. 3 | vereinzelt (x1)           | X                      |                 |                 |                 | 5  |
|        | überwiegend (x2)          |                        | X               |                 |                 |    |
|        | ⋮                         | ⋮                      | ⋮               | ⋮               | ⋮               | ⋮  |
| Bsp. 4 | vereinzelt (x1)           |                        |                 | X               |                 | 11 |
|        | überwiegend (x2)          |                        |                 |                 | X               |    |
| Bsp. 5 | ausschließlich (x3)       |                        |                 |                 | X               | 12 |

Außerdem wurde die Gleichzeitigkeit der Bewegungen der beiden Aryknorpel in Hinblick auf Synchronie (Wert 1) oder Asynchronie (Wert 2) des linken Aryknorpels bewertet. Da auch hier je Proband sowohl Phasen mit Synchronie als auch Phasen mit Asynchronie des Aryknorpels unterschiedlich häufig auftreten können wurde wie oben vorgegangen und durch Multiplikation mit 1 (vereinzelt), 1,5 (gleichhäufig), 2 (überwiegend) oder 3 (ausschließlich) und anschließender Addition der Einzelwerte der Wert für die Stärke der Asynchronie ermittelt. Ein Flattern oder Zittern des linken Stellknorpels wurde ebenfalls erfasst.

Das für die Klassifizierung der RLN nach DUCHARME (2005) maßgebliche Bewertungskriterium, nämlich das vollständige Abduzieren und Halten des linken Stellknorpel im Vergleich zum rechten, wurde jeweils nach nasaler Okklusion sowie nach dem Schluckakt bewertet und klassifiziert (Tab. 3).

Tab. 3: Bewertung des Abduktionsverhaltens nach nasaler Okklusion und dem Schluckakt

| Abduktionsverhalten                           | Wert |
|---|------|
| volle Abduktion erreicht und gehalten         | 1    |
| volle Abduktion erreicht, aber nicht gehalten | 2    |
| volle Abduktion nicht erreicht                | 3    |

Auch hier wurde aufgrund der Möglichkeit, dass alle 3 Merkmalsausprägungen bei einem Pferd unterschiedlich häufig vorkommen, wie oben bereits beschrieben, zur Ermittlung eines die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion beschreibenden Zahlenwertes vorgegangen.

Um eine Aussage zum Einfluss der Sedierung auf die Kehlkopfföffnung machen zu können, wurden außerdem die Ausgangsposition des rechten Aryknorpels vor der Inspiration sowie die während der Inspiration zu beobachtende Bewegungsamplitude des rechten Stellknorpels bewertet. Die Ausgangsposition wurde dafür bei Öffnung  $< 1/3$  mit dem Wert 1,  $> 1/3$  aber  $< 2/3$  mit 2,  $> 2/3$  aber  $< 3/3$  mit 3 und bei vollständiger Öffnung mit dem Wert 4 graduiert. Bei gleichhäufigem Auftreten von 2 Merkmalsausprägungen wurden ihre Werte addiert und anschließend durch 2 dividiert um den Endwert zu erhalten. Die Bewegungsamplitude wurde mit dem Wert 1 belegt, wenn sie kleiner  $1/3$  der maximal möglichen Abduktionsstrecke war, mit 2 bewertet bei einer Amplitude  $< 2/3$  und mit 3 bei einer Abduktionsstrecke die  $2/3$  oder mehr der maximal möglichen Bewegungsamplitude entsprach. Auch hier wurden bei gleichhäufigem Auftreten von 2 Merkmalsausprägungen die Werte addiert und durch 2 dividiert, um den Endwert zu erhalten.

Weiterhin wurde, wenn vorhanden, eine während der Inspiration verminderte Abduktion des rechten im Vergleich zum linken Aryknorpels erfasst.

### 3.2.2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der ermittelten Daten wurde mit dem Statistikprogramm SAS® Version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) durchgeführt. Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte mit Hilfe des „Shapiro-Wilks“-Tests und visueller Bewertung der QQ-Plots. Die Daten zeigten keine Normalverteilung.

Zur Überprüfung des Einflusses der Sedierung mit Detomidin auf die Kehlkopffunktion wurden die für die Asymmetrie bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung, die Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion und die für die Ausgangsposition und Bewegungsamplitude des rechten Aryknorpels erhobenen Daten mit dem „signed-rank“-Test für gepaarte Beobachtungen bei nicht normalverteilten Merkmalen analysiert. Der „signed-rank“-Test wurde ebenfalls bei der statistischen Auswertung der Übereinstimmung zwischen den Beurteilungen der 3 Untersucher genutzt. Der Einfluss des Sedativums auf das Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels wurde mit Hilfe des „Mc-Nemar“-Tests für dichotome Merkmale untersucht.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung

Die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung vor und nach Applikation des Sedativums Detomidin wurde bei den 48 in dieser Studie untersuchten Pferden nach dem in 2.3.2 dargestellten Scoringssystem von Untersucher A, Untersucher B bzw. Untersucher C bewertet (Abb.1 a-c).

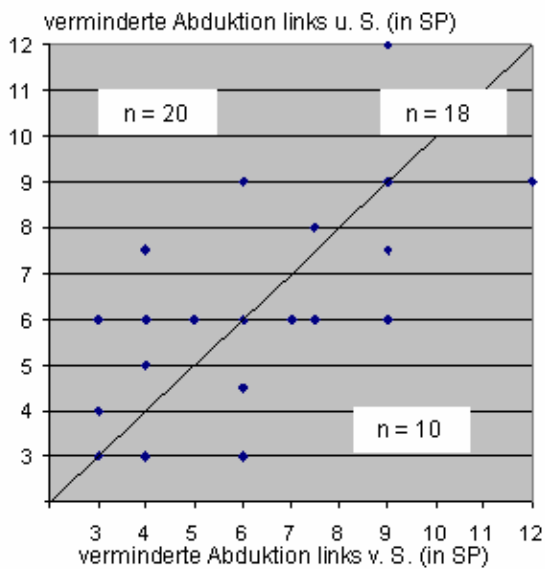


Abb. 1a

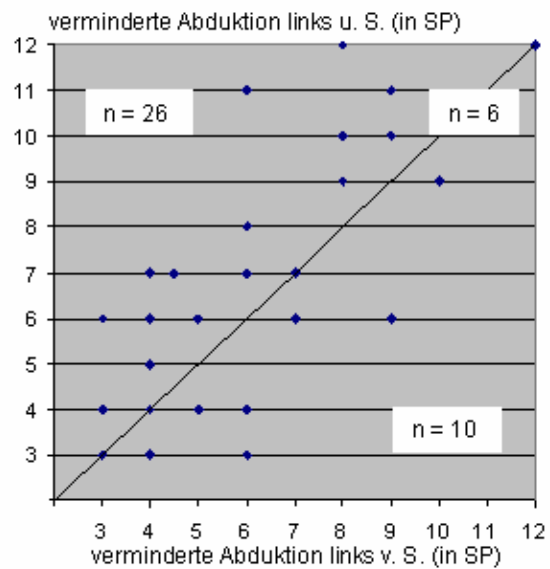


Abb. 1b

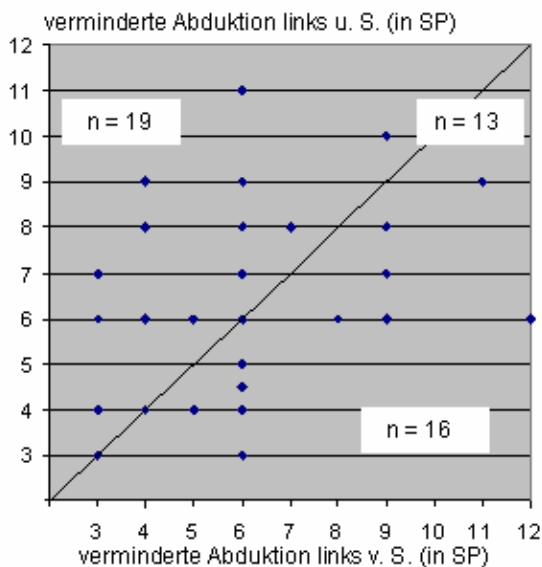


Abb. 1c

**Abb. 1:** Verminderte Abduktion des linken Aryknorpels (gescort) bei nicht stimulierter Atmung vor und unter Sedierung  
a: Untersucher A (P=0,071)  
b: Untersucher B (P=0,018)  
c: Untersucher C (P=0,475)  
v. S. = vor Sedierung  
u. S. = unter Sedierung  
SP = Scorepunkte

Von Untersucher A, B bzw. C wurde unter Sedierung bei der Mehrzahl der Pferde (20, 26 bzw. 19 Pferde) eine Verstärkung der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen festgestellt, während bei nur 10, 10 bzw. 16 Pferden eine Verringerung der Asymmetrie diagnostiziert wurde. Bei 18, 6 bzw. 13 Pferden wurde die Asymmetrie vor und unter Sedierung als gleichstark bewertet. Es wurde bei 2, 3 bzw. 4 Pferden sowohl vor als auch unter Sedierung keine Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen erkannt. Für Untersucher B waren 4 Probanden, welche vor Sedierung symmetrische Kehlkopfbewegungen aufwiesen, nach Applikation des Sedativums aufgrund zu geringer Bewegungen der Aryknorpel nicht mehr bewertbar. 2 Pferde (Untersucher A), 4 Pferde (Untersucher B) bzw. ein Pferd (Untersucher C), welche eine Asymmetrie vor Sedierung zeigten, wiesen diese unter Sedierung nicht mehr auf. Nur für Untersucher B war die Verstärkung der endoskopisch bewerteten Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung in der Gruppe der Probanden unter Sedierung signifikant ( $P=0,0182$ ).

Zwischen den Bewertungen der 3 Untersucher ist sowohl vor bzw. auch nach Applikation des Sedativums kein signifikanter Unterschied festzustellen (Abb. 2a u. b). Bei 48% bzw. 35% der Pferde lag die Abweichung vor bzw. unter Sedierung bei unter einem SP, bei 73% bzw. 77% der Pferde bei unter 2 SP und bei 100% bzw. 90% bei unter 3 SP (Scorepunkten). Lediglich bei 5 Pferden unter Sedierung betrug die Abweichung 4 oder mehr Scorepunkte.

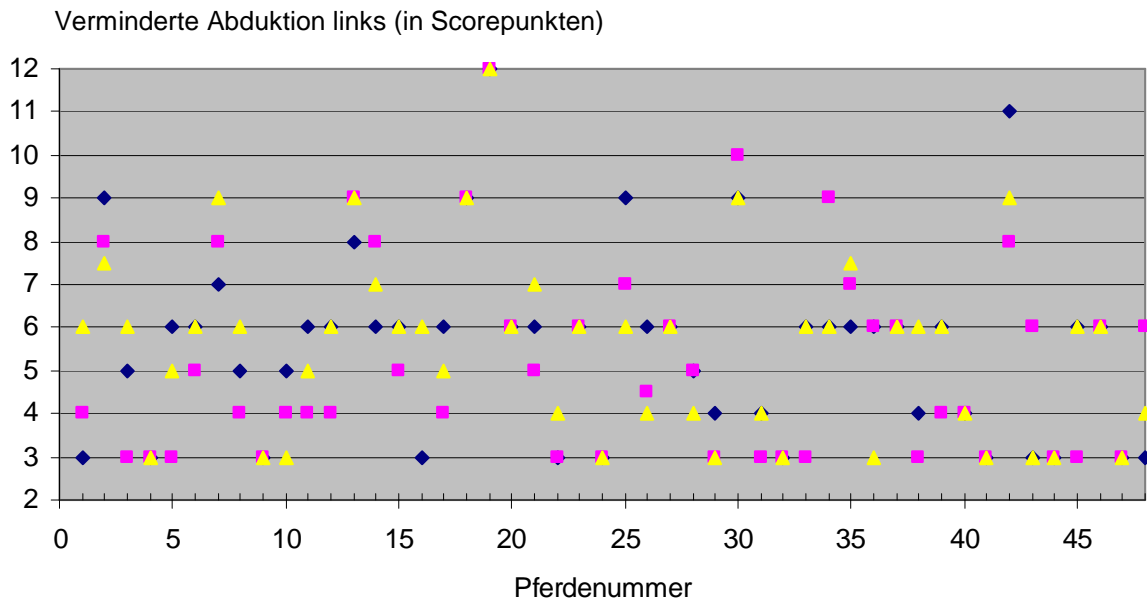


Abb. 2a

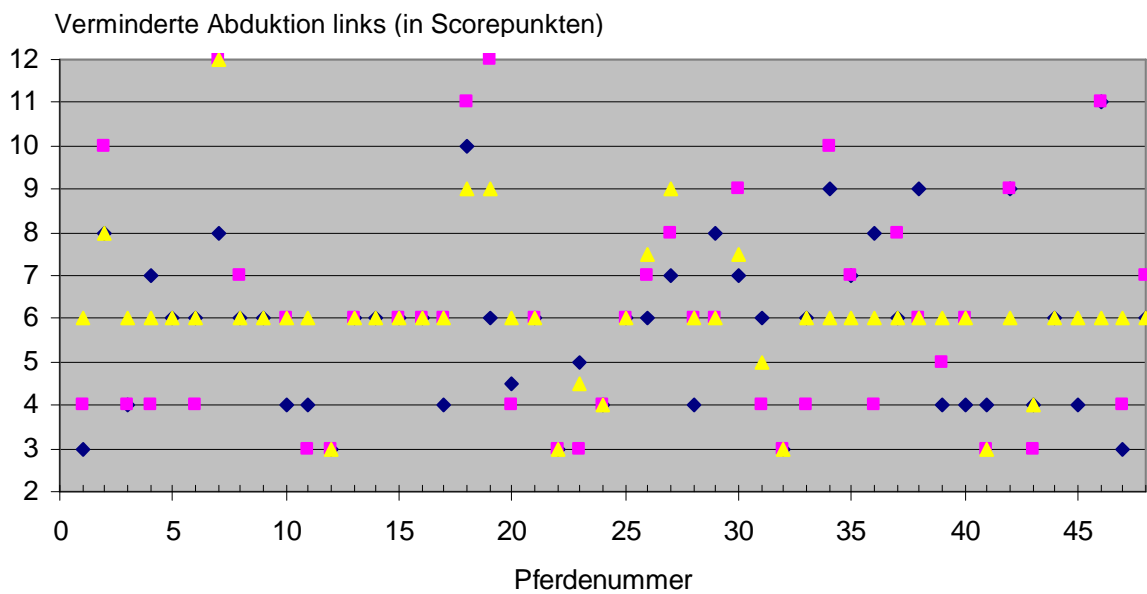


Abb. 2a

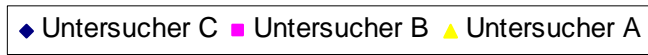


Abb. 2: Verteilung der von den 3 Untersuchern vergebenen Bewertungen zur Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung vor Sedierung (Abb. 2a) und unter Sedierung (Abb. 2b)

### 3.3.2 Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung

Die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung vor und nach Applikation des Sedativums Detomidin wurde bei den 48 in dieser Studie untersuchten Pferden nach dem in 2.3.2 dargestellten Scoringssystem von Untersucher A, Untersucher B bzw. Untersucher C bewertet (Abb.3 a-c).

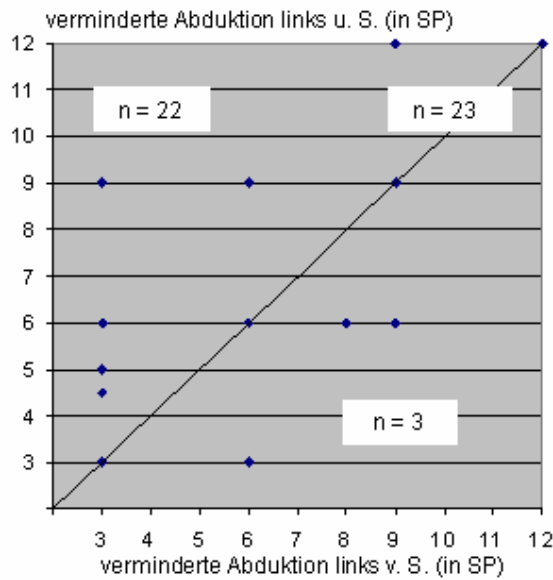


Abb. 3a

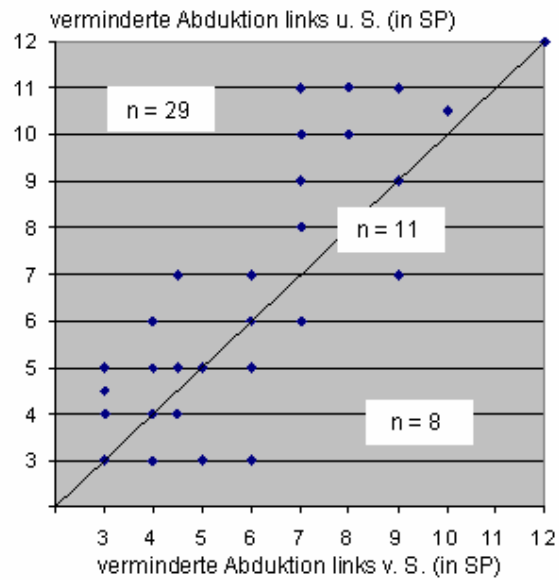


Abb. 3b

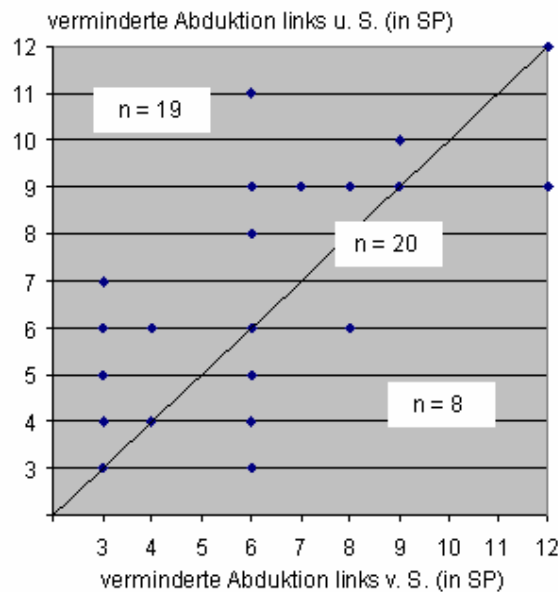


Abb. 3c

**Abb. 3:** Verminderte Abduktion des linken Aryknorpels (gescort) bei stimulierter Atmung vor und unter Sedierung  
a: Untersucher A ( $P < 0,0001$ )  
b: Untersucher B ( $P = 0,009$ )  
c: Untersucher C ( $P = 0,0262$ )  
v. S. = vor Sedierung  
u. S. = unter Sedierung  
SP = Scorepunkte

Die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen wurde von Untersucher A, B bzw. C unter Sedierung bei der Mehrzahl der Pferde (22, 29 bzw. 19 Probanden) als verstärkt bewertet, während nur bei 3, 8 bzw. 8 Pferde eine Verringerung der Asymmetrie festgestellt wurde. Bei 23, 11 bzw. 20 Pferden wurde die Asymmetrie bei stimulierter Atmung vor und unter Sedierung gleichstark bewertet. Vor Sedierung wurden von Untersucher A zwei Pferde und von Untersucher B ein Pferd als nicht bewertbar klassifiziert. Es wurden sowohl vor als auch unter Sedierung bei 13, 4 bzw. 10 Pferden ausschließlich symmetrische Kehlkopfbewegungen festgestellt, bei weiteren 0, 7 bzw. 2 Pferden wurde unter Sedierung nur vereinzelt eine geringgradige Asymmetrie erkannt. 1, 4 bzw. 2 Probanden, bei welchen vor Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Stellknorpelbewegungen erkannt wurde, wiesen diese Asymmetrie nach Applikation des Sedativums nicht mehr auf. Es ergibt sich daraus für alle 3 Untersucher eine signifikante Verstärkung ( $P < 0,0001$ ,  $P = 0,009$  bzw.  $P = 0,0262$ ) der endoskopisch bewerteten Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung unter Sedierung.

Zwischen den Bewertungen der 3 Untersucher ist sowohl vor bzw. auch nach Applikation des Sedativums zwischen kein signifikanter Unterschied festzustellen (Abb. 4a u. b). Die Abweichung lag vor bzw. unter Sedierung bei 50% bzw. 48% der Pferde bei unter einem SP, bei 69% bzw. 69 % der Pferde bei unter zwei SP und bei 92 bzw. 94% der Pferde bei unter 3 SP (Scorepunkten). Nur bei 4 bzw. 3 Pferden betrug der Unterschied zwischen den Beurteilungen 4 oder mehr Scorepunkte.

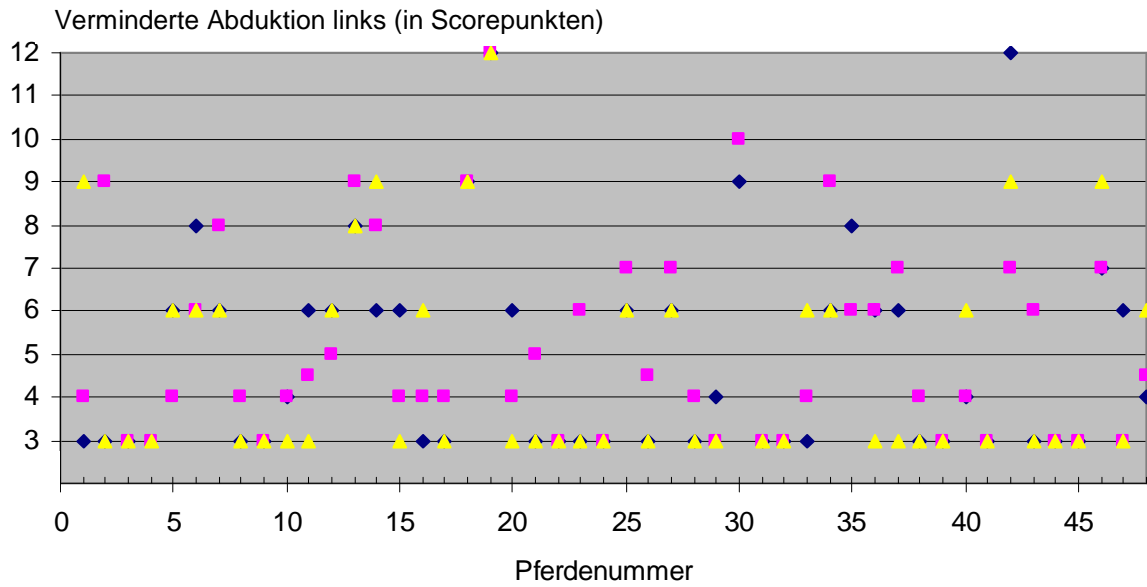


Abb. 2a

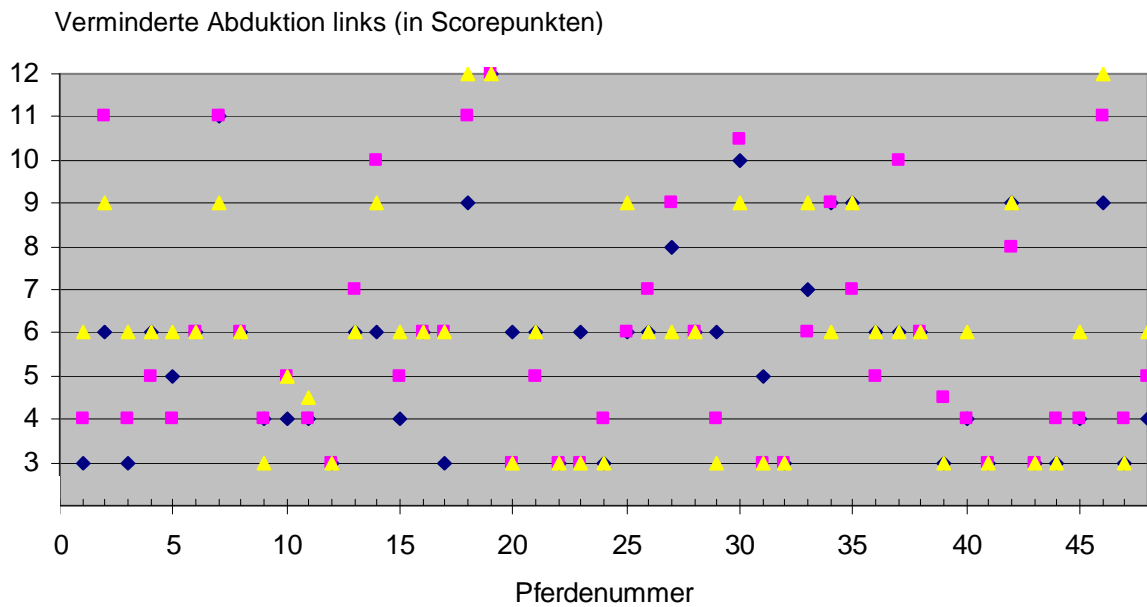


Abb. 2a

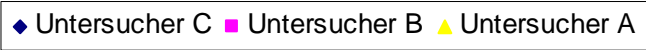


Abb. 4: Verteilung der von den 3 Untersuchern vergebenen Bewertungen zur Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung vor Sedierung (Abb. 4a) und unter Sedierung (Abb. 4b)

### 3.3.3 Asynchronie der Kehlkopfbewegungen

Die Asynchronie der Kehlkopfbewegungen vor und nach Applikation des Sedativums Detomidin wurde bei den 48 in dieser Studie untersuchten Pferden nach dem in 2.3.2 dargestellten Scoringssystem von Untersucher A, Untersucher B bzw. Untersucher C bewertet (Abb.5 a-c).

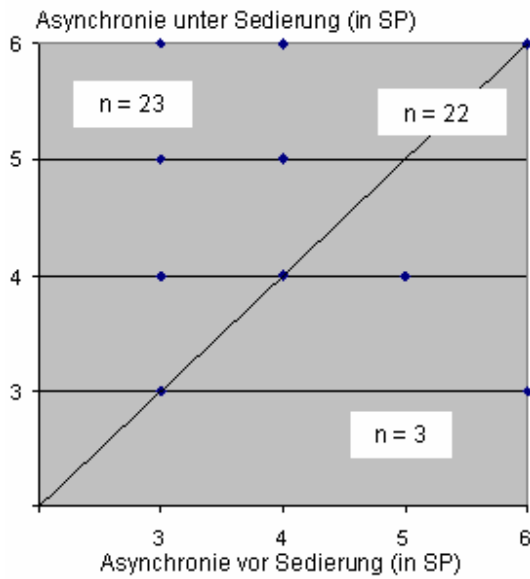


Abb. 5a

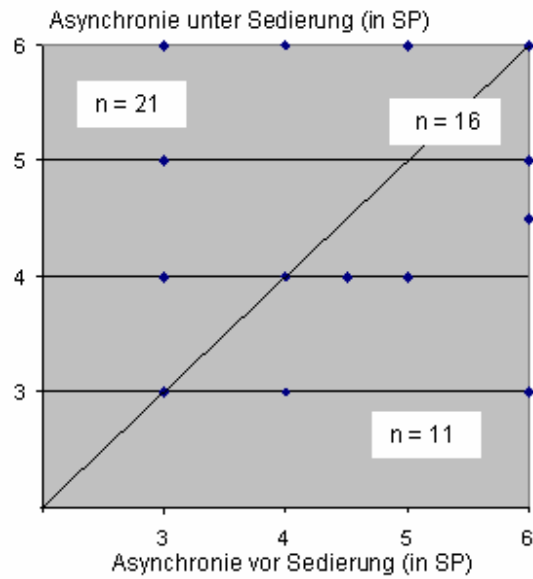


Abb. 5b

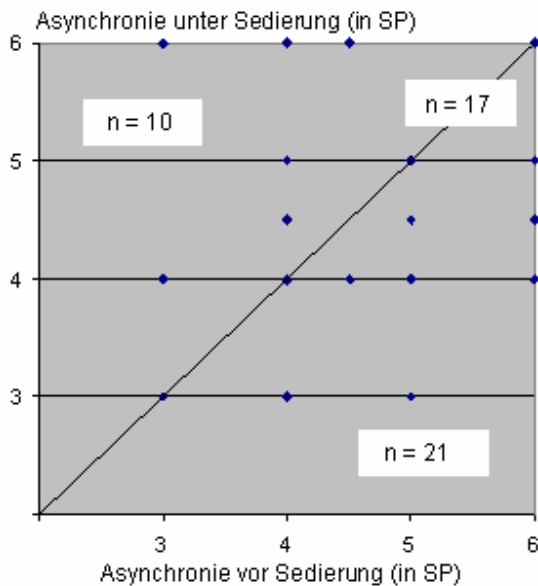


Abb. 5c

**Abb. 5:** Asynchronie der Kehlkopfbewegungen (gescort) vor und unter Sedierung  
a: Untersucher A ( $P=0,0003$ )  
b: Untersucher B ( $P=0,1229$ )  
c: Untersucher C ( $P=0,3501$ )  
SP = Scorepunkte

Hieraus ist erkennbar, dass bei der Evaluierung unter Sedierung von Untersucher A, B bzw. C bei 23, 21 bzw. 10 Pferden eine stärkere Asynchronie der Kehlkopfbewegungen festgestellt wurde, wohingegen bei 3, 10 bzw. 21 Pferden eine Verringerung der Asynchronie diagnostiziert wurde. Bei 22,16 bzw. 17 Pferden wurde die Asynchronie der Kehlkopfbewegungen vor und nach Applikation des Sedativums gleichstark beurteilt. Die Bewegungen ihrer Aryknorpel wurden sowohl vor als auch unter Sedierung bei 18, 7 bzw. 4 Pferden als ausschließlich synchron beurteilt. 8, 3 bzw. 5 Probanden, bei welchen vor dem Einsatz des Sedativums ausschließlich oder überwiegend synchrone Kehlkopfbewegungen erkannt wurden, wurden unter Sedierung als dauerhaft asynchron bewertet. Als vollkommen synchron wurden durch die Untersucher unter Sedierung die Stellknorpelbewegungen von 2, 1 bzw. 3 Pferden beurteilt, welche vor Sedierung als überwiegend oder ausschließlich asynchron bewertet wurden. Daraus ergibt sich nur für Untersucher A eine hoch signifikante Verstärkung ( $P=0,0003$ ) der endoskopisch bewerteten Asynchronie der Kehlkopfbewegungen unter Sedierung.

Vor Applikation des Sedativums ist eine hoch signifikante Abweichung ( $P<0,0001$ ) der Bewertungen von Untersucher A zu den Evaluierungen der anderen Untersucher festzustellen, während die Evaluierungen der Untersucher B und C sich nicht signifikant unterscheiden. Unter Sedierung ist zwischen keinem der 3 Untersucher ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen feststellbar (Abb. 6a u. b). Bei 44% bzw. 67% der Pferde lag die Abweichung vor bzw. nach Sedierung bei unter einem SP und bei 79% bzw. 90% der Pferde bei unter 2 SP (Scorepunkten). Bei 10 bzw. 5 Pferden betrug die Abweichung 3 Scorepunkte.

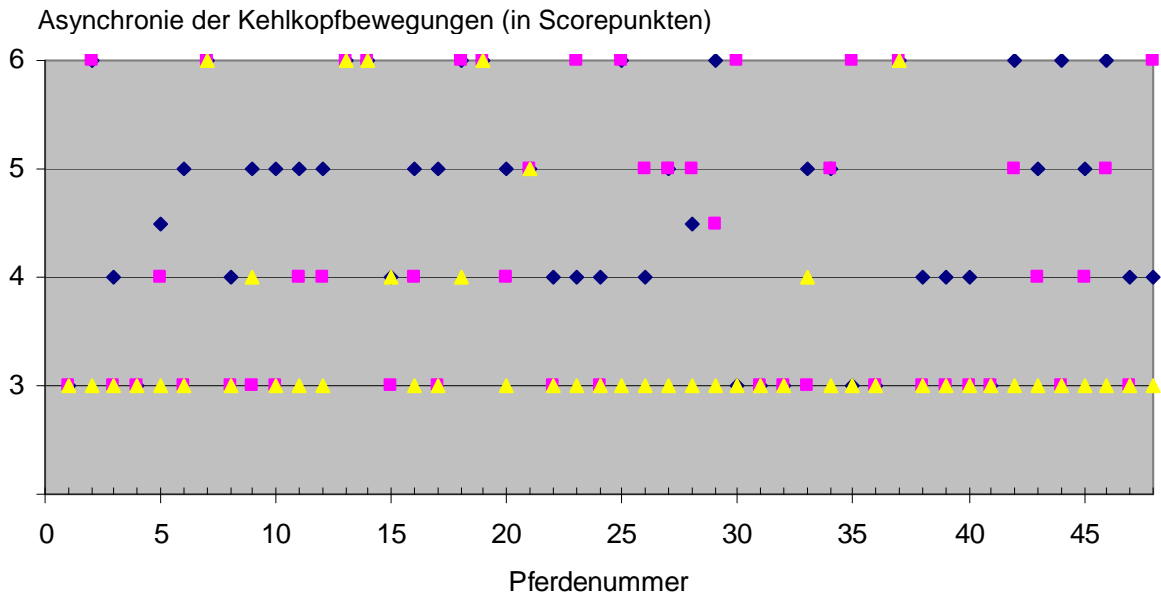


Abb. 6a

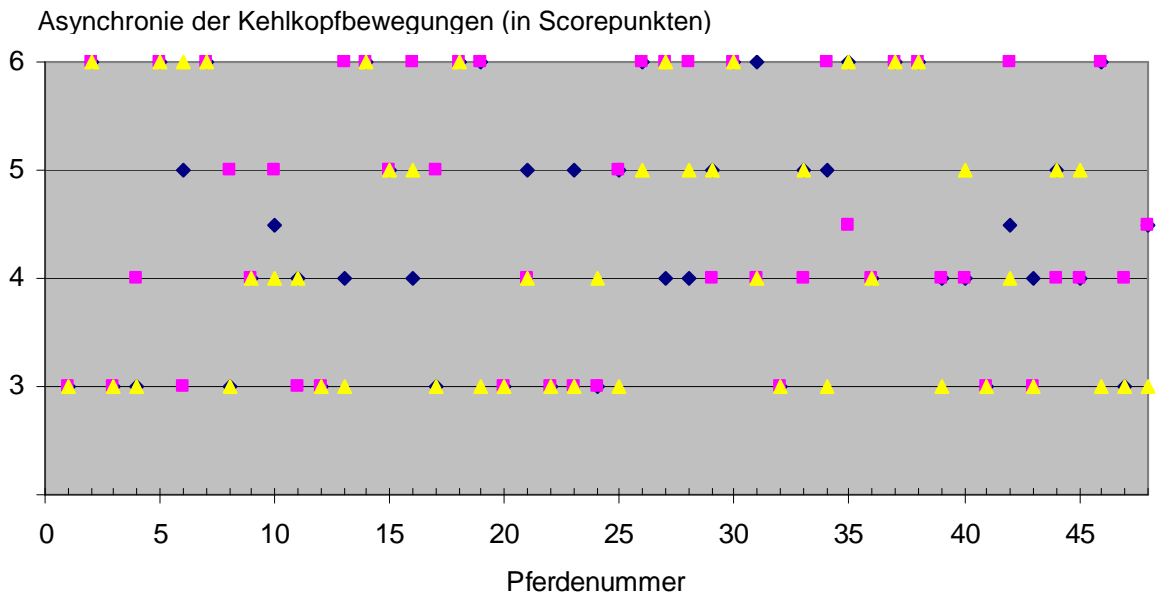


Abb. 6b

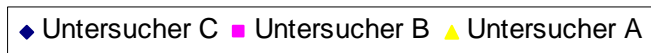


Abb. 6: Verteilung der von den 3 Untersuchern abgegebenen Bewertungen zur Asynchronie der Kehlkopfbewegungen vor Sedierung (Abb. 6a) und unter Sedierung (Abb. 6b) Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels

### 3.3.4 Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels

Durch Untersucher A wurde ein Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels vor Sedierung bei 26 der 48 Pferde festgestellt, unter Sedierung war es bei 12 Pferden zu beobachten. 9 Probanden zeigten die Bewegungsstörung des linken Stellknorpels sowohl vor als auch unter Sedierung, 17 zeigten sie nur vor und 3 Pferde nur nach Einsatz des Sedativums. Der Unterschied in der Bewertung vor und unter Sedierung erweist sich bei diesem Untersucher als signifikant ( $P=0,0017$ ).

Von Untersucher B wurde ein Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels bei 24 der 48 Probanden vor Sedierung diagnostiziert. Nach Sedierung war eine solche Bewegungsstörung bei 21 Pferden festzustellen. 13 Pferde zeigten sie sowohl vor als auch unter Sedierung, 11 nur vor und 8 nur unter Sedierung. Hieraus ergibt sich ein nicht signifikanter Unterschied ( $P=0,4913$ ) der Beurteilung vor und unter Sedierung.

Untersucher C konnte ein Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels vor Sedierung bei 21 der 48 Pferde feststellen. Unter Sedierung zeigten 14 Pferde diese Bewegungsanomalie des linken Stellknorpels. 9 Probanden zeigten das Flattern sowohl vor als auch unter Sedierung, 12 nur vor und 5 nur nach Einsatz des Sedativums. Die Bewertung unter Sedierung weicht nicht signifikant ( $P=0,0896$ ) von der vor Sedierung getroffenen ab.

### 3.3.5 Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion

Die Fähigkeit, beide Aryknorpel nach nasaler Okklusion vollständig zu abduzieren und diese Position zu halten, wurde von Untersucher A, Untersucher B bzw. Untersucher C vor und unter Sedierung entsprechend des in 2.3.2 dargestellten Scoringsystems bewertet (Abb. 7a-c).

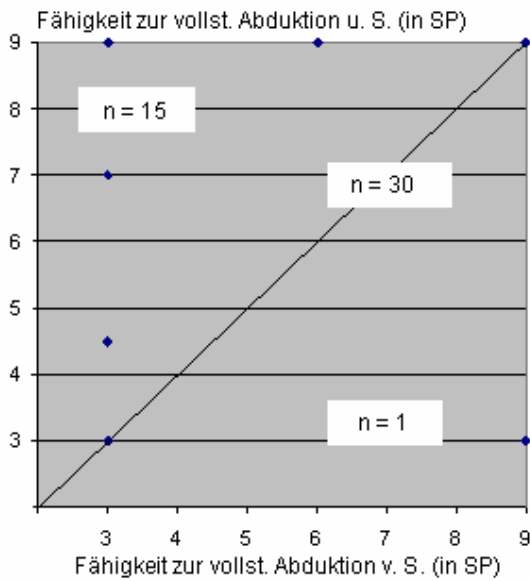


Abb. 7a

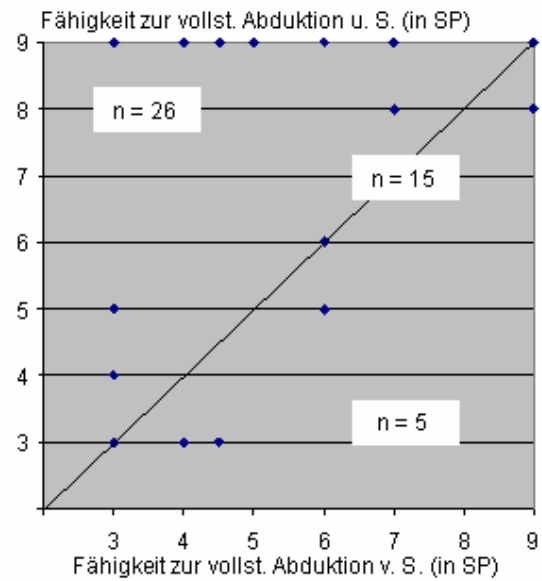


Abb. 7b

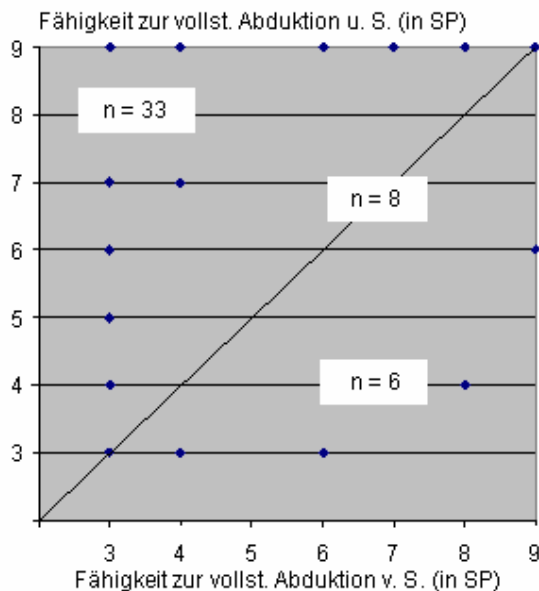


Abb. 7c

**Abb. 7:** Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Aryknorpels nach nasaler Okklusion (gescort) vor und unter Sedierung  
 v. S. = vor Sedierung  
 u. S. = unter Sedierung  
 a: Untersucher A (P=0,0006)  
 b: Untersucher B (P=0,0004)  
 c: Untersucher C (P=0,001)  
 SP = Scorepunkte

Es wurde von den 3 Untersuchern unter Sedierung bei der Mehrzahl der Pferde (15, 26 bzw. 33 Pferde) eine Verschlechterung des Abduktionsverhaltens diagnostiziert, wohingegen nur bei 1, 5 bzw. 6 Pferden eine Verbesserung des Abduktionsverhaltens festgestellt wurde. Bei 30, 15 bzw. 8 Probanden wurde das Abduktionsvermögen vor und nach Applikation des Sedativums gleich beurteilt. Von

Untersucher A/C wurden vor Sedierung 2/1 Pferde und von Untersucher B 2 Pferde nach Sedierung als nicht bewertbar eingestuft. 13, 13 bzw. 8 Pferde, welche vor Sedierung eine vollständige Abduktion des linken Stellknorpels im Vergleich zum rechten erreichen und halten konnten, waren hierzu auch unter Sedierung fähig. Hingegen waren 12, 7 bzw. 8 Probanden, die vor Sedierung die Fähigkeit zur vollen Abduktion besaßen, nach Einsatz des Sedativums nicht mehr fähig, die vollständige Abduktion zu erreichen. Ein Pferd, welches die volle Abduktion des linken Stellknorpels vor Sedierung nicht erreichen konnte, konnte sie bei der Beurteilung durch Untersucher A nach Sedierung erreichen und auch halten. Bei der Bewertung durch Untersucher C konnten weiterhin 3 Pferde, die vor Sedierung die volle Abduktion erreichen, aber nicht halten konnten, sie nach Sedierung auch halten und 2 Equiden, die vor Sedierung eine vollständige linksseitige Stellknorpelabduktion nicht erreichen konnten, waren nach Einsatz des Sedativums fähig, sie zu erreichen, aber nicht zu halten. Für die Bewertung der 3 Untersucher lässt sich jeweils eine hoch signifikante Verschlechterung ( $P=0,0006$ ,  $P=0,0004$  bzw.  $P=0,001$ ) der Fähigkeit, den linken Aryknorpel im Vergleich zum rechten nach nasaler Okklusion vollständig zu abduzieren und diese Stellung zu halten, feststellen.

Für die Bewertung vor Sedierung ist bei statistischer Auswertung zwischen den Untersuchern keine Abweichung festzustellen, während nach Applikation des Sedativums zwischen Untersucher A und B ein hoch signifikanter ( $P<0,0001$ ), Untersucher B und C ein schwach signifikanter ( $P=0,035$ ), aber zwischen Untersucher A und C kein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion zu verzeichnen war. Die Abweichung lag vor bzw. nach Sedierung bei 52% bzw. 63% der Pferde bei unter einem SP, bei 65% der Pferde bei unter zwei SP und bei 75% der Pferde bei unter 3 SP (Scorepunkten). Bei 12 Pferden betrug der Unterschied zwischen den Beurteilungen vor und nach Sedierung 4 oder mehr Scorepunkte (Abb. 8a u. b).

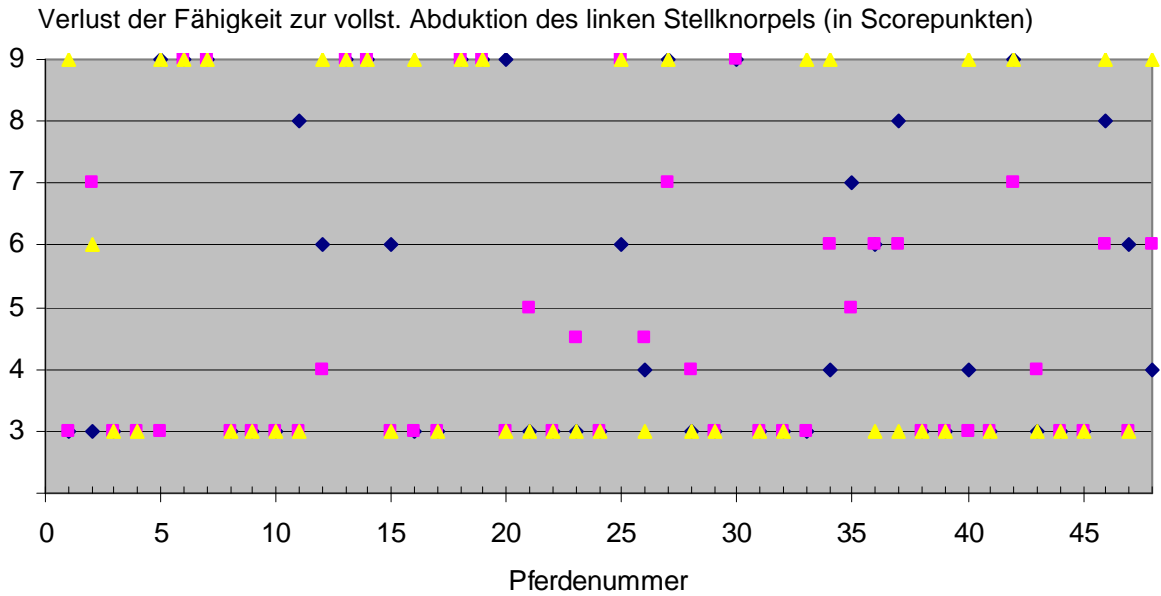


Abb. 8a

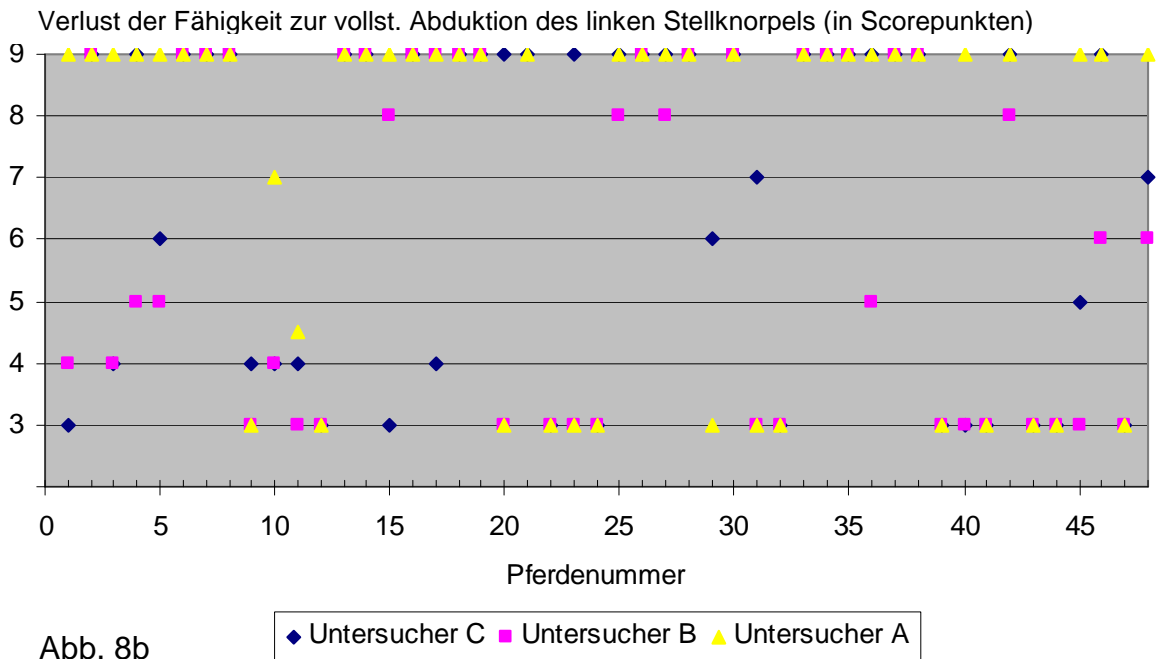


Abb. 8b

Abb. 8: Verteilung der von den 3 Untersuchern abgegebenen Bewertungen zur Fähigkeit, den linken Stellknorpel vor (Abb. 8a) und unter Sedierung (Abb. 8b) nach nasaler Okklusion vollständig abduzieren zu können

### 3.3.6 Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schluckakt

Die Fähigkeit, beide Aryknorpel nach dem Schluckakt vollständig zu abduzieren und diese Position zu halten, wurde von Untersucher A, Untersucher B bzw. Untersucher C vor und unter Sedierung entsprechend des in 2.3.2 dargestellten Scoringsystems bewertet (Abb. 9a-c).

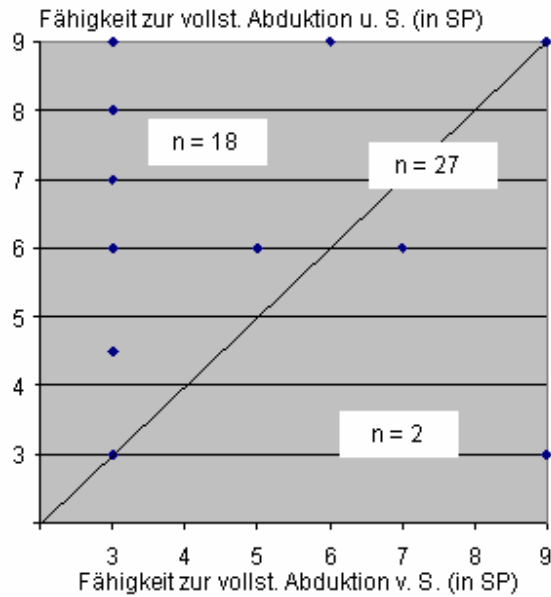


Abb. 9a

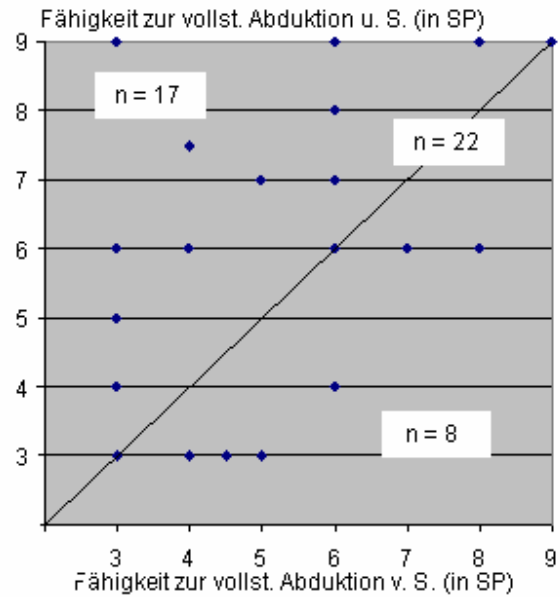


Abb. 9b

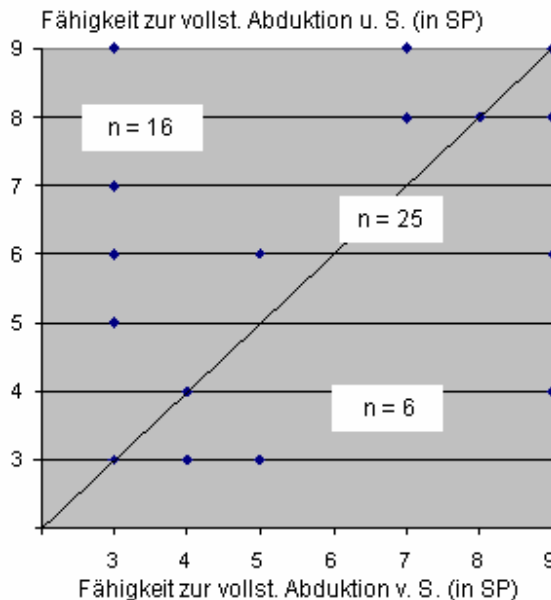


Abb. 9c

**Abb. 9:** Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Aryknorpels nach dem Schluckakt (gescort) vor und unter Sedierung  
 v. S. = vor Sedierung  
 u. S. = unter Sedierung  
 a: Untersucher A (P=0,0006)  
 b: Untersucher B (P=0,0655)  
 c: Untersucher C (P=0,018)  
 SP = Scorepunkte

Es wurde von Untersucher A, B bzw. C unter Sedierung bei 18, 16 bzw. 17 Pferden eine Verschlechterung der Fähigkeit den linken Aryknorpel vollständig zu abduzieren und in dieser Stellung zu halten festgestellt, während bei nur 2, 8 bzw. 6 Pferden eine verbesserte Abduktionsfähigkeit unter Sedierung diagnostiziert wurde. Bei 27, 22 bzw. 25 Probanden wurde vor und unter Sedierung die Fähigkeit des linken Stellknorpels zur vollständigen Abduktion gleich beurteilt. Von Untersucher A war die Merkmalsausprägung bei einem Pferd vor Sedierung und von Untersucher B bei je einem Pferd vor und nach Applikation des Sedativums nicht zu bewerten. Eine vollständige Abduktion beider Stellknorpel konnten sowohl vor als auch unter Sedierung 18, 16 bzw. 17 Pferde erreichen und auch halten. Von den 16 weiteren Probanden, die hierzu nach Beurteilung von Untersucher A vor Sedierung fähig waren, konnten 3 unter Sedierung die volle Abduktion des linken Aryknorpels etwa gleichhäufig erreichen und halten oder erreichen, sie aber nicht halten und 8 diese ausschließlich erreichen, aber nicht halten. 2 konnten die volle Abduktion nach vereinzelt oder den überwiegenden Schluckakten erreichen, aber nicht halten und sie nach den übrigen Schluckakten nicht erreichen und 3 die vollständige Abduktion gar nicht mehr erreichen. Ein Proband, der die vollständige Abduktion des linken Aryknorpels vor Sedierung nicht erreichen konnte, konnte sie nach Applikation des Sedativums dauerhaft erreichen und halten. Von 8 Pferden, die nach Beurteilung von Untersucher B vor Sedierung beide Aryknorpel vollständig abduzieren und diese Position halten konnten, konnten unter Sedierung 4 die volle Abduktion des linken Stellknorpels vereinzelt, einer überwiegend und 2 ausschließlich erreichen, aber nicht mehr halten, und ein Pferd sie gar nicht mehr erreichen. 5 Probanden, die vor dem Einsatz des Sedativums die volle Abduktion vereinzelt oder überwiegend erreichen, aber nicht halten konnten, konnten sie nach Sedierung ausschließlich erreichen und halten. 7 Pferde, bei denen Untersucher C die Fähigkeit zum Erreichen und Halten der vollen Abduktion vor Sedierung gegeben sah, konnten unter Sedierung die volle Abduktion zwar noch erreichen, aber nicht mehr halten und 4 Pferde sie überwiegend oder ausschließlich nicht mehr erreichen. 2 Pferde, die vor Sedierung die volle Abduktion vereinzelt oder ausschließlich erreichen, aber nicht halten konnten, konnten sie unter Sedierung auch halten und von 3 Pferden, welche

die volle Abduktion vor Sedierung nicht erreichen konnten, konnten sie unter Sedierung 2 zumindest überwiegend erreichen und halten und ein Pferd sie erreichen, aber nicht halten.

Daraus ergibt sich für die Bewertungen von Untersucher A eine hoch signifikante ( $P=0,0006$ ) und die Beurteilung von Untersucher C eine schwach signifikante ( $P=0,018$ ) Verschlechterung der Abduktionsfähigkeit des linken Aryknorpels nach dem Schluckakt unter Sedierung. Aus den Bewertungen von Untersucher B ergibt sich ebenfalls eine Verschlechterung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion, welche jedoch mit einem  $P=0,0655$  das Signifikanzniveau knapp verfehlt.

Es lässt sich nur zwischen den Bewertungen von Untersucher A und B nach Applikation des Sedativums Detomidin ein signifikanter Unterschied feststellen. Bei 69% bzw. 48% der Pferde lag die Abweichung vor bzw. nach Sedierung bei unter einem SP, bei 79% bzw. 65% der Pferde bei unter 2 SP und bei 90% bzw. 85% der Pferde bei unter 3 SP (Scorepunkten). Nur bei 5 bzw. 7 Pferden betrug die Abweichung 4 oder mehr Scorepunkte (Abb. 10a u. b).

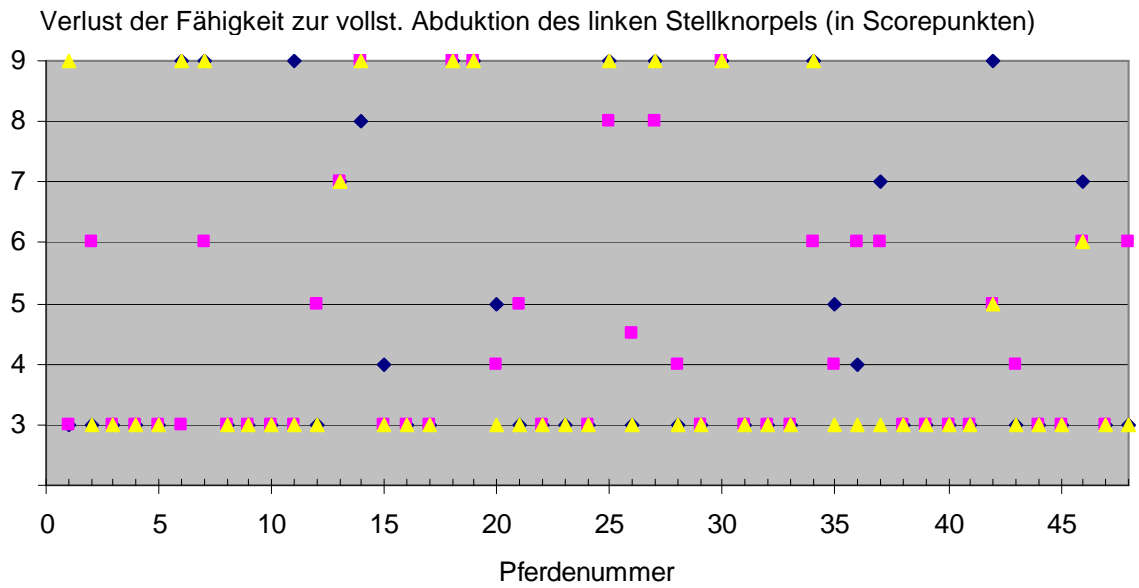


Abb. 10a

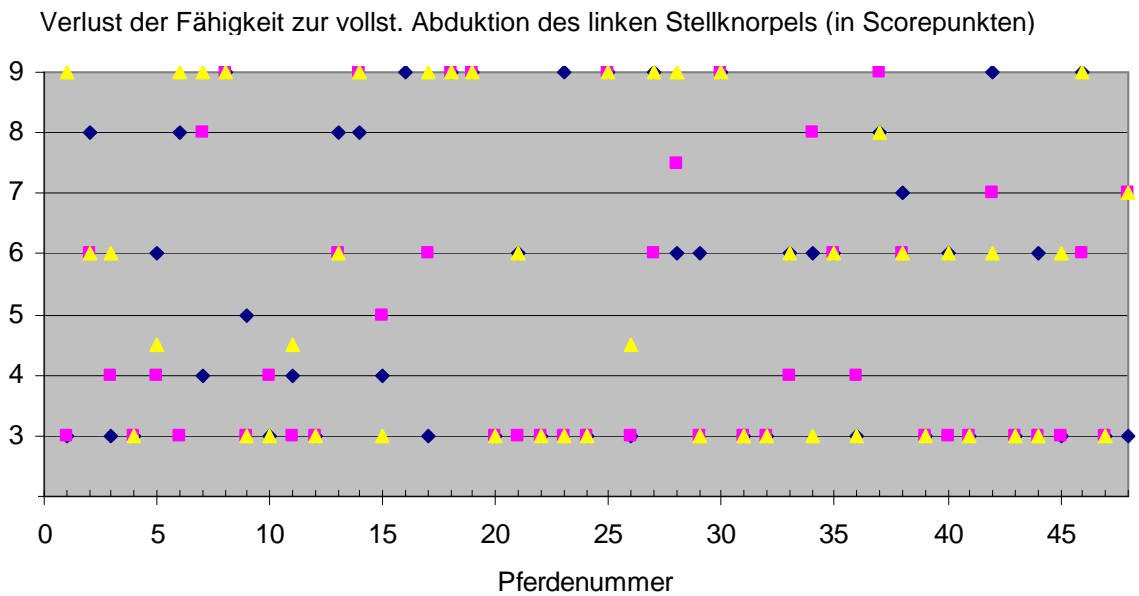


Abb. 10b

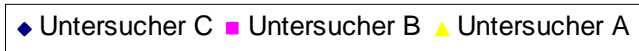


Abb. 10: Verteilung der von den 3 Untersuchern abgegebenen Bewertungen zur Fähigkeit, den linken Stellknorpel vor (Abb. 8a) und unter Sedierung (Abb. 8b) nach nasaler Okklusion vollständig abduzieren zu können

### 3.3.7 Ausgangsposition u. Bewegungsamplitude bei nicht stimulierter Atmung

Es ergab sich vor Applikation des Sedativums, bei gemeinsamer Auswertung der von den 3 Untersuchern abgegebenen Bewertungen, im Durchschnitt bei nicht stimulierter Atmung ein Öffnungsgrad von  $2,7 \pm 0,88$  Scorepunkten, vor nasaler Okklusion ein Öffnungsgrad von  $2,5 \pm 0,84$  Scorepunkten und vor dem Schlucken ein Öffnungsgrad von  $2,5 \pm 0,90$  Scorepunkten. Unter Sedierung wurde der Öffnungsgrad bei den 48 Probanden im Mittel bei nicht stimulierter Atmung mit  $1,7 \pm 0,60$  Scorepunkten, vor nasaler Okklusion mit  $1,7 \pm 0,63$  Scorepunkten bzw. vor dem Schluckakt mit  $1,7 \pm 0,61$  Scorepunkten bewertet. Es wurden unter Sedierung bei nicht stimulierter Atmung bei 67% der Pferde, vor nasaler Okklusion bei 57% der Pferde bzw. vor dem Schlucken bei 62% der Pferde eine geringere Öffnung der Stimmritze vor der Abduktion festgestellt, wohingegen nur bei 3%, 1% bzw. 4% der Probanden unter Sedierung eine weitere Öffnung der Rima glottis als vor Sedierung diagnostiziert wurde. Bei 30%, 42% bzw. 34% der Pferde wurde die Ausgangsposition des rechten Aryknorpels vor und unter Sedierung gleich bewertet. Es ergibt sich daraus für das Kollektiv der untersuchten Pferde eine hoch signifikante Verringerung ( $P < 0,0001$ ) der Öffnung der Stimmritze vor Abduktion unter Sedierung.

Die Bewegungsamplitude des rechten Stellknorpels wurde vor Sedierung im Durchschnitt bei nicht stimulierter Atmung mit  $1,4 \pm 0,69$  Scorepunkten, bei nasaler Okklusion mit 1,88 (SD 0,78) Scorepunkten bzw. beim Schluckakt mit  $2,01 \pm 0,85$  Scorepunkten bewertet. Unter Sedierung erhielten die Probanden im Durchschnitt bei nicht stimulierter Atmung  $1,69 \pm 0,59$  Scorepunkte, während nasaler Okklusion  $2,61 \pm 0,54$  Scorepunkte bzw. während des Schluckens  $2,76 \pm 0,46$  Scorepunkte. Es wurde nach Applikation des Sedativums bei 47% der Pferde bei nicht stimulierter Atmung, bei 57% der Pferde bei nasaler Okklusion bzw. bei 58% der Pferde beim Schluckakt eine Vergrößerung der Bewegungsamplitude des rechten Stellknorpels festgestellt, während bei nur 19%, 8% bzw. 6% der Pferde eine Verkleinerung der Bewegungsamplitude diagnostiziert wurde. Bei 33%, 35% bzw. 35% der Probanden wurde die Bewegungsamplitude sowohl vor als auch nach Sedierung gleich bewertet. Insgesamt ist für die bewertete Pferdegruppe nach Sedierung eine hoch

signifikante Vergrößerung ( $P < 0,0001$ ) der Bewegungsamplitude nach Applikation des Sedativums Detomidin zu verzeichnen.

### 3.3.8 Verminderte Abduktion des rechten Aryknorpels bei Inspiration

Eine verminderte Abduktion des rechten Aryknorpels im Vergleich zum linken während der Inspiration wurde von Untersucher A bei 2 Pferden vor und einem Pferd nach Sedierung und von Untersucher B bei 9 Pferden vor und bei 2 Pferden nach Sedierung festgestellt, während Untersucher C diese Anomalie der Kehlkopfbewegungen bei keinem Probanden diagnostizierte. Kein Proband, der das rechtsseitige Abduktionsdefizit vor Sedierung aufwies, zeigte es auch nach Sedierung. Ebenso waren die nach Sedierung mit der rechtsseitigen Abduktionsschwäche auffälligen Pferde vor Einsatz des Sedativums unauffällig.

### 3.3.9 Atemgeräusche


Alle 48 Pferde dieser Studie wurden wie in 2.3 beschrieben in Hinblick auf das Auftreten von Atemgeräuschen untersucht und die Probanden in die Kategorien A (kein Atemgeräusch), B (typisches, diskontinuierliches AG), C (typisches, kontinuierliches AG), E (typisches und atypisches Atemgeräusch) und E (atypisches Atemgeräusch) eingeteilt. 21 Pferde (43,75%) zeigten kein Atemgeräusch, 4 Pferde (8,3%) ein typisches, diskontinuierliches, 16 Pferde (33,3%) ein typisches, kontinuierliches, 5 Pferde (10,4%) ein typisches in Verbindung mit atypischen Atemgeräuschen und 2 Pferde (4,2%) ein atypisches Atemgeräusch. Die Verteilung der für die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung sowie die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schluckakt vor und nach Sedierung vergebenen Scorepunkte ist, bei gemeinsamer Auswertung der Beurteilungen aller 3 Untersucher, in den Tabellen 5, 6 und 7 dargestellt.


Tab. 5: Verteilung der Scorepunkte für die Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels bei nicht stimulierter Atmung in Abhängigkeit von der Atemgeräuschkategorie

| SP   | Atemgeräuschkategorie |               |              |              |               |               |              |              |              |              |
|------|-----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      | A                     |               | B            |              | C             |               | D            |              | E            |              |
|      | v. S.                 | u. S.         | v. S.        | u. S.        | v. S.         | u. S.         | v. S.        | u. S.        | v. S.        | u. S.        |
| 3    | 20<br>(32%)           | 3<br>(5%)     | 3<br>(25%)   |              | 6<br>(12,5%)  | 9<br>(19,6%)  | 7<br>(46,7%) | 4<br>(26,7%) | 2<br>(33,3%) |              |
| 4    | 11<br>(18%)           | 15<br>(24,6%) |              |              | 5<br>(10,4%)  | 4<br>(8,7%)   |              | 2<br>(13,3%) | 2<br>(33,3%) | 2<br>(33,3%) |
| 4,5  | 1<br>(1,6%)           |               |              |              |               | 2<br>(4,3%)   |              |              |              |              |
| 5    | 8<br>(13%)            | 1<br>(1,6%)   |              |              | 3<br>(6,25%)  | 1<br>(2,2%)   |              |              |              | 1<br>(16,7%) |
| 6    | 20<br>(32%)           | 31<br>(51%)   | 2<br>(16,7%) | 7<br>(63,6%) | 14<br>(29,2%) | 15<br>(32,6%) | 8<br>(53,3%) | 5<br>(33,3%) | 2<br>(33,3%) | 3<br>(50%)   |
| 7    | 1<br>(1,6%)           | 5<br>(8,2%)   | 2<br>(16,7%) | 2<br>(18,2%) | 1<br>(2,1%)   | 1<br>(2,2%)   |              |              |              |              |
| 7,5  |                       | 1<br>(1,6%)   | 1<br>(8,3%)  |              | 1<br>(2,1%)   | 1<br>(2,2%)   |              |              |              |              |
| 8    |                       | 1<br>(1,6%)   | 1<br>(8,3%)  |              | 4<br>(8,3%)   | 4<br>(8,7%)   |              | 2<br>(13,3%) |              |              |
| 9    | 1<br>(1,6%)           | 3<br>(5%)     | 2<br>(16,7%) | 2<br>(18,2%) | 9<br>(18,8%)  | 3<br>(6,5%)   |              |              |              |              |
| 10   |                       | 1<br>(1,6%)   |              |              | 1<br>(2,1%)   | 2<br>(4,3%)   |              |              |              |              |
| 10,5 |                       |               |              |              |               |               |              |              |              |              |
| 11   |                       |               | 1<br>(8,3%)  |              |               | 1<br>(2,2%)   |              | 2<br>(13,3%) |              |              |
| 12   |                       |               |              |              | 3<br>(6,25%)  | 3<br>(6,5%)   |              |              |              |              |

SP = Scorepunkte; v. S. = vor Sedierung; u. S. = unter Sedierung

A = kein Atemgeräusch (AG); B = typisches, diskontinuierliches AG; C = typisches, kontinuierliches AG; D = typisches u. atypisches AG; D = atypisches AG

 = Pferde mit typ. Atemgeräusch ohne dauerhafte Asymmetrie (32% vor bzw. 31% unter Sedierung)


 = Pferde mit typ. Atemgeräusch mit dauerhafter Asymmetrie (68% vor bzw. 69% unter Sedierung)


Tab. 6: Verteilung der Scorepunkte für die Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels bei stimulierter Atmung in Abhängigkeit von der Atemgeräuschkategorie (vs = vor Sedierung, ns = unter Sedierung)

| SP   | Atemgeräuschkategorie |               |              |              |               |              |              |              |              |              |
|------|-----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      | A                     |               | B            |              | C             |              | D            |              | E            |              |
|      | v. S.                 | u. S.         | v. S.        | u. S.        | v. S.         | u. S.        | v. S.        | u. S.        | v. S.        | u. S.        |
| 3    | 37<br>(59,7%)         | 14<br>(22,2%) | 3<br>(27,3%) | 1<br>(8,3%)  | 12<br>(25,5%) | 12<br>(25%)  | 7<br>(46,7%) | 5<br>(33,3%) | 4<br>(66,7%) | 2<br>(33,3%) |
| 4    | 11<br>(17,7%)         | 10<br>(15,9%) |              | 2<br>(16,7%) | 4<br>(8,5%)   | 5<br>(10,4%) |              | 1<br>(6,7%)  | 1<br>(16,7%) |              |
| 4,5  | 2<br>(3,2%)           | 1<br>(1,6%)   |              |              | 1<br>(2,1%)   | 1<br>(2,1%)  |              |              |              |              |
| 5    | 1<br>(1,6%)           | 6<br>(9,5%)   |              |              | 1<br>(2,1%)   | 1<br>(2,1%)  |              | 1<br>(6,7%)  |              | 1<br>(16,7%) |
| 6    | 9<br>(14,5%)          | 27<br>(42,9%) | 3<br>(27,3%) | 2<br>(16,7%) | 12<br>(25,5%) | 12<br>(25%)  | 4<br>(26,7%) | 4<br>(26,7%) | 1<br>(16,7%) | 1<br>(16,7%) |
| 7    | 1<br>(1,6%)           | 1<br>(1,6%)   | 2<br>(18,2%) | 1<br>(8,3%)  |               | 1<br>(2,1%)  | 3 (20%)      |              |              | 1<br>(16,7%) |
| 7,5  |                       |               |              |              |               |              |              |              |              |              |
| 8    |                       | 1<br>(1,6%)   | 1<br>(9,1%)  | 1<br>(8,3%)  | 5<br>(10,6%)  |              |              |              |              |              |
| 9    | 1<br>(1,6%)           | 3<br>(4,8%)   | 1<br>(9,1%)  | 5<br>(41,7%) | 8 (17%)       | 5<br>(10,4%) | 1<br>(6,7%)  | 1<br>(6,7%)  |              | 1<br>(16,7%) |
| 10   |                       |               |              |              | 1<br>(2,1%)   | 2<br>(4,2%)  |              | 1<br>(6,7%)  |              |              |
| 10,5 |                       |               |              |              |               | 1<br>(2,1%)  |              |              |              |              |
| 11   |                       |               |              |              |               | 4<br>(8,3%)  |              | 1<br>(6,7%)  |              |              |
| 12   |                       |               | 1<br>(9,1%)  |              | 3<br>(6,4%)   | 4<br>(8,3%)  |              | 1<br>(6,7%)  |              |              |

SP = Scorepunkte; v. S. = vor Sedierung; u. S. = unter Sedierung

A = kein Atemgeräusch (AG); B = typisches, diskontinuierliches AG; C = typisches, kontinuierliches AG; D = typisches u. atypisches AG; D = atypisches AG

 = Pferde mit typ. Atemgeräusch ohne dauerhafte Asymmetrie (38% vor bzw. 39% unter Sedierung)


 = Pferde mit typ. Atemgeräusch mit dauerhafter Asymmetrie (62% vor bzw. 61% unter Sedierung)


Tab. 7: Verteilung der Scorepunkte für die Fähigkeit des linken Stellknorpels zur vollständigen Abduktion nach dem Schluckakt in Abhängigkeit von der Atemgeräuschkategorie (vs = vor Sedierung, ns = unter Sedierung)

| SP  | Atemgeräuschkategorie |               |              |              |               |               |              |              |              |              |
|-----|-----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|     | A                     |               | B            |              | C             |               | D            |              | E            |              |
|     | v. S.                 | u. S.         | v. S.        | u. S.        | v. S.         | u. S.         | v. S.        | u. S.        | v. S.        | u. S.        |
| 3   | 51<br>(81%)           | 30<br>(49,2%) | 4<br>(33,3%) | 2<br>(16,7%) | 21<br>(44,7%) | 17<br>(35,4%) | 8<br>(53,3%) | 8<br>(53,3%) | 6<br>(100%)  | 3<br>(50%)   |
| 4   | 3<br>(4,8%)           | 3<br>(4,9%)   | 1<br>(8,3%)  |              | 1<br>(2,1%)   | 3<br>(6,25%)  | 1<br>(6,7%)  | 1<br>(6,7%)  |              | 1<br>(16,7%) |
| 4,5 | 1<br>(1,6%)           | 1<br>(1,6%)   |              |              |               | 2<br>(4,5%)   |              |              |              |              |
| 5   | 1<br>(1,6%)           | 1<br>(1,6%)   | 3<br>(25%)   | 1<br>(8,3%)  | 2<br>(4,5%)   |               |              |              |              |              |
| 6   | 2<br>(3,2%)           | 13<br>(21,3%) |              | 4<br>(33,3%) | 2<br>(4,2%)   | 6<br>(12,5%)  | 4<br>(26,7%) | 1<br>(6,7%)  | 2<br>(33,3%) | 2<br>(33,3%) |
| 7   |                       | 3<br>(4,9%)   |              | 1<br>(8,3%)  | 3<br>(6,4%)   |               | 2<br>(13,3%) |              |              |              |
| 7,5 |                       | 1<br>(1,6%)   |              |              |               |               |              |              |              |              |
| 8   | 1<br>(1,6%)           | 1<br>(1,6%)   | 1<br>(8,3%)  |              | 1<br>(2,1%)   | 5<br>(10,4%)  |              | 2<br>(13,3%) |              |              |
| 9   | 4<br>(6,3%)           | 8<br>(13,1%)  | 3<br>(25%)   | 4<br>(33,3%) | 17<br>(36,2%) | 15<br>(31,3%) |              | 3<br>(20%)   |              |              |

SP = Scorepunkte; v. S. = vor Sedierung; u. S. = unter Sedierung

A = kein Atemgeräusch (AG); B = typisches, diskontinuierliches AG; C = typisches, kontinuierliches AG; D = typisches u. atypisches AG; D = atypisches AG

 = Pferde mit typ. Atemgeräusch ohne dauerhafte Asymmetrie (19% vor bzw. 42% unter Sedierung)

 = Pferde mit typ. Atemgeräusch mit dauerhafter Asymmetrie (45% vor bzw. 55% unter Sedierung)

Bei Betrachtung der für die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung vor bzw. nach Sedierung vergebenen Bewertungen ist zu erkennen, dass von den Pferden ohne typisches Atemgeräusch (Kategorie A u. E) 35% vor und 67% unter Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Stellknorpelbewegungen aufwiesen. Bei stimulierter Atmung zeigten 18% der Pferde ohne typisches Atemgeräusch vor und 51% unter Sedierung eine dauerhafte Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels. Von den Probanden mit einem typischen Atemgeräusch (Kategorie B, C, D) wiesen bei nicht stimulierter Atmung 68% vor und 69% unter Sedierung sowie bei stimulierter Atmung 62% vor und 61% unter Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen auf. Von den Probanden ohne typisches Atemgeräusch konnten vor Sedierung 19% und unter Sedierung 42% die vollständige Abduktion des linken Stellknorpels erreichen, aber nicht halten oder sie gar nicht erreichen, während bei den Probanden mit einem typischen Atemgeräusch 45% vor und 55% nach Applikation des Sedativums die volle Abduktion nicht halten oder nicht erreichen konnten.

Von den Pferden mit einer dauerhaften Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen zeigten vor bzw. unter Sedierung 32% bzw. 44% kein Atemgeräusch, 12% bzw. 12% ein typisch-diskontinuierliches, 45% bzw. 32% ein typisch-kontinuierliches, 11% bzw. 9% ein typisches und atypisches sowie 3% bzw. 3% ein atypisches Atemgeräusch bei nicht stimulierter Atmung. Bei stimulierter Atmung war vor bzw. unter Sedierung unter den Probanden mit einer dauerhaften Asymmetrie bei 19% bzw. 40% kein, bei 14% bzw. 11% ein typisch-diskontinuierliches, bei 51% bzw. 36% ein typisch-kontinuierliches, bei 14% bzw. 10% ein typisches und atypisches sowie bei 2% bzw. 4% ein atypisches Atemgeräusch zu diagnostizieren. Von den Pferden, welche die volle Abduktion des linken Stellknorpels nicht halten oder gar nicht erreichen konnten, zeigten vor bzw. nach Applikation des Sedativums 17% bzw. 38% kein, 10% bzw. 10% ein typisch-diskontinuierliches, 58% bzw. 39% ein typisch-kontinuierliches, 15% bzw. 10% ein typisches und atypisches sowie 0% bzw. 3% ein atypisches Atemgeräusch.

### 3.4 Diskussion

#### 3.4.1 Diskussion der Methode

Die laryngoskopische Untersuchung in Ruhe ist die aktuell gebräuchlichste und international anerkannteste Methode, um die Recurrent laryngeal neuropathie beim Pferd festzustellen (FRANKLIN 2008). Anhand der in der Ruheendoskopie erhobenen Befunde werden die untersuchten Equiden weltweit mit Hilfe verschiedener Bewertungsschemata klassifiziert. Genutzt werden dabei in erster Linie das ursprüngliche oder modifizierte 4-Grad-Schema (HACKETT et al. 1991; DUCHARME 2005), das 5-Grad-Schema (J. G. LANE 1993; KANNEGIETER und DOORE 1995), das 6-Grad-Schema (DIXON et al. 2001; HAWE et al. 2001) und das von OHNESORGE (1990) vorgestellte 4-Grad-Schema mit 3 Übergangsstufen, welches vor allem in Deutschland benutzt wird. Bewertet werden bei allen Systemen die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen und beim 4-, 5- und 6-Grad-Schema zusätzlich die Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, das Flattern oder Zittern des betroffenen Stellknorpels sowie die Fähigkeit, die vollständige Abduktion nach nasaler Okklusion oder dem Schluckakt zu erreichen und zu halten. Entsprechend wurden in der vorliegenden Arbeit diese Aspekte der Kehlkopfmotilität im Rahmen einer Blindstudie mit 3 unabhängigen Untersuchern bei 48 Pferden sowohl vor als auch nach Verabreichung des Sedativums Detomidin bewertet, um den Einfluss der Sedierung auf die Kehlkopfbeweglichkeit zu evaluieren. Das verwendete Sedativum aus der Gruppe der  $\alpha$ 2-Adrenozeptor-Agonisten wurde dabei in einer Dosierung von 12-15  $\mu$ g/kg KGW bei i.v. Applikation verwendet, was so auch von RICKETTS (1986), OHNESORGE et al. (1991) und LINDEGAARD et al. (2007) in ihren laryngoskopischen Studien praktiziert wurde. Die endoskopische Untersuchung unter Sedierung wurde 3-5 Minuten nach Verabreichung des Medikaments durchgeführt. Diese Zeitspanne reichte aus, um bei allen Probanden die von OHNESORGE et al. (1991) beschriebenen äußeren Anzeichen einer Sedierung, nämlich das Senken des Kopfes und das Herabhängen der Unterlippe und der Augenlider, hervorzurufen. Durch die Verblindung der Videos, welche von einer nicht an der Auswertung des Materials beteiligten Person durchgeführt wurde, und die durch die 3 Untersucher

unabhängig voneinander vorgenommene Evaluierung wurde eine hohe Objektivität der Ergebnisse dieser Studie erreicht. Zudem war es so möglich eine Aussage über die Übereinstimmung der Beurteilung mehrerer Untersucher zu verschiedenen Aspekten der Kehlkopffunktion vor und unter Sedierung zu machen.

### 3.4.2 Diskussion der Ergebnisse

#### 3.4.2.1 Asymmetrie bei nicht stimulierter Atmung

Für die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung konnte nur bei den Bewertungen eines Untersuchers eine schwach signifikante Verstärkung der Asymmetrie unter Sedierung festgestellt werden, während in den Evaluierungen der anderen Untersucher vor und unter Sedierung nur eine nicht signifikante Verstärkung zu verzeichnen war. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien, bei denen eine Sedierung ebenfalls keine Verstärkung der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung hervorrief (VALDES-VAZQUEZ et al. 1995; LINDEGAARD et al. 2007). Die bei dem einem Untersucher auftretende Abweichung lässt sich unter Umständen durch die von anderen Autoren (HAYNES 1987; VALDES-VAZQUEZ et al. 1995) beschriebene Erschlaffung der Weichgewebe im Rachenbereich oder durch die in dieser Studie gefundene Erhöhung der Bewegungsamplitude erklären, durch welche Asymmetrien deutlicher oder verstärkt erscheinen können. Zwischen den Bewertungen der 3 Untersucher konnten sowohl vor als auch unter Sedierung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, so dass also auch bei unter Einfluss eines Sedativums stehenden Patienten eine einheitliche laryngoskopische Evaluierung durch 3 unabhängige Untersucher möglich ist. Anzumerken ist jedoch, dass von einem Untersucher die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen unter Sedierung aufgrund der sehr geringen Bewegung der Stellknorpel bei 4 Pferden als nicht bewertbar angesehen wurde. Es kann also, trotz signifikanter Erhöhung der Bewegungsamplitude in der Gesamtgruppe der Probanden unter Sedierung, bei einzelnen Pferden, in dieser Arbeit bei 8% der Tiere, zu einer starken Reduktion der Kehlkopfmotilität bei nicht stimulierter Atmung

kommen. Die Bedeutung dieses Phänomens für die Diagnostik der RLN ist aber als gering zu erachten, da bei Durchführung eines adäquaten Beurteilungsprotokolls mit Stimulierung der Atmung durch nasale Okklusion und das Auslösen von Schluckakten ausreichend Information für eine korrekte Evaluierung der Kehlkopffunktion zu erzielen ist.

#### 3.4.2.2 Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei stimulierter Atmung

Unter Sedierung lässt sich aus den Bewertungen aller 3 Untersucher eine signifikante Verstärkung der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen für das Kollektiv der untersuchten Pferde feststellen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Bewertung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion, wo es zu einer signifikanten Verschlechterung des Abduktionsverhaltens kommt. Die Diskussion der Ursachen erfolgt deshalb auch gemeinsam mit der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion und dem Schluckakt. Hier ist allerdings schon zu sagen, dass der Einsatz der nasalen Okklusion und die Bewertung der Kehlkopffunktion bei stimulierter Atmung in der Diagnostik der RLN sehr sinnvoll erscheint. Hierdurch werden nämlich asymmetrische Kehlkopfbewegungen, welche ein maßgebliches Symptom einer Abduktionsschwäche als Folge der RLN darstellen, unter Umständen erst sichtbar. Insbesondere bei geringer Bewegungsamplitude können die Bewegungen der Aryknorpel nämlich noch symmetrisch erscheinen, da die Kraft der linksseitig fehlinnervierten, abduzierenden Muskulatur noch unauffällige Stellknorpelbewegungen ermöglicht, während sich bei gesteigertem inspiratorischem Luftstrom und erhöhter Bewegungsamplitude der Stellknorpel nach nasaler Okklusion eine Schwäche des linken Musculus cricoarytaenoideus dorsalis als einseitiges Abduktionsdefizit deutlicher äußern kann. Andererseits können aber auch Pferde mit einer deutlichen linksseitigen Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung nach nasaler Okklusion eine beidseits gleich gute, vollständige Abduktionsfähigkeit zeigen, was dann für eine nur geringgradige Schädigung der linksseitigen abduzierenden Muskulatur spricht. Aufgrund dieses wichtigen diagnostischen Informationsgewinns wird die Bewertung der Abduktionsfähigkeit nach nasaler Okklusion von vielen Autoren (OHNESORGE 1990; DUCHARME et al.

1991; J. G: LANE 1993; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN 1996; LINDEGAARD et al. 2007) für die Feststellung der RLN genutzt.

#### 3.4.2.3 Asynchronie der Kehlkopfbewegungen

Eine signifikante Verstärkung der Asynchronie der Kehlkopfbewegungen unter Sedierung ergibt sich nur bei einem der Untersucher. Da sich die Beurteilungen dieser Person vor, aber nicht unter Sedierung signifikant von denen der anderen Gutachter unterscheiden, ist der Grund für die Bewertungsdifferenzen wahrscheinlich auch in der Evaluierung vor dem Einsatz des Sedativums zu suchen. Von den Untersuchern wurde angemerkt, dass schnelle Bewegungen eher synchron, langsame aber asynchron erscheinen. Dies könnte in dieser, wie auch der Studie von VALDES-VAZQUEZ et al. (1995), zu der beobachteten Verstärkung der Asynchronie unter Sedierung geführt haben. Vorstellbar ist nämlich, dass bei unter Sedierung langsamerer Bewegung der Stellknorpel eine Asynchronie erst als solche beurteilt wird, auch wenn sie schon beim unsedierten Pferd in weniger auffälliger Form vorhanden war. Auch hier kann weiterhin die Erhöhung der Bewegungsamplitude nach Sedierung für den Bewertungsunterschied ursächlich sein, da vor Sedierung eine Asynchronie bei sehr schnellen Bewegungen mit geringer Amplitude schwieriger zu erfassen ist als nach der Applikation des Sedativums Detomidin bei langsameren Bewegungen mit höherer Bewegungsamplitude. Ein signifikanter Unterschied in den Bewertungen des Flattern oder Zittern des linken Stellknorpels, was ebenfalls als pathologische Erscheinung der RLN angesehen wird, war vor und unter Sedierung nur bei einem Untersucher festzustellen. Nach seiner Beurteilung trat ein Flattern des linken Aryknorpel nach Sedierung bei signifikant weniger Probanden auf, was tendenziell, aber eben nicht signifikant, auch bei den beiden anderen bewertenden Personen zu beobachten war. Aus den Ergebnissen ist ein deutlicher Einfluss des Sedativums auf diese Bewegungsanomalie festzustellen, welcher jedoch aufgrund der Tatsache, dass das Flattern von allen Untersuchern bei verschiedenen Pferden sowohl vor und unter, als auch nur vor oder nur unter Sedierung auftreten kann, nicht abschließend zu bewerten ist.

#### 3.4.2.4 Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion und dem Schluckakt

Eine signifikante Verschlechterung der Fähigkeit, die vollständige Abduktion des linken Aryknorpels nach nasaler Okklusion zu erreichen und auch zu halten, ist nach Applikation des Sedativums aus den Bewertungen aller Untersucher zu erkennen, was sich auch in den Ergebnissen der Bewertung der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei durch nasale Okklusion stimulierter Atmung widerspiegelt, wo es nämlich ebenfalls zu einer signifikanten Erhöhung der Asymmetrie nach Einsatz des Sedativums kommt. Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich aus den Evaluierungen der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schluckakt, wo bei allen Untersuchern eine Verschlechterung festzustellen ist, welche aber nur bei 2 untersuchenden Personen das Signifikanzniveau erreicht. Eine Abduktionsverminderung des rechten Stellknorpels konnte unter Sedierung von 2 Untersuchern lediglich bei einem bzw. 2 Pferden festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des rechten Aryknorpels nicht durch das Sedativum beeinflusst wird, da es wahrscheinlicher ist, dass die verstärkte linksseitige Öffnung des Larynx bei den Probanden auf ein gestörtes Gleichgewicht zwischen ad- und abduzierender Muskulatur dieser Kehlkopfseite zurückzuführen ist. Im Frühstadium der RLN kommt es nämlich initial zu einer Atrophie der adduzierenden Muskulatur, was bei unveränderter Kontraktionskraft der abduzierenden Muskulatur die beobachtete, vermeintliche rechtsseitige Abduktionsschwäche erklären könnte (OHNESORGE 1990). Dies deckt sich insgesamt mit den Befunden anderer Studien. So stellten ARCHER et al. (1991) eine Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels nach Sedierung fest, wobei sie aber keine Aussage darüber treffen, wie sie zu diesem Ergebnis gelangt sind und ob sie die Abduktion bei nicht stimulierter Atmung, nach nasaler Okklusion oder dem Schluckakt bewertet haben. DUCHARME et al. (1991) diagnostizierten bei 10% der von ihnen untersuchten Pferde nach Einsatz des Sedativums Xylazin eine unvollständige Abduktion des linken Aryknorpels nach dem Schluckakt, welche vor Sedierung nicht bestand. Auch LINDEGAARD et al. (2007) konnten in ihrer Arbeit eine signifikante Verschlechterung der Abduktionsfähigkeit des linken, nicht aber des

rechten Stellknorpels nach nasaler Okklusion mit einer Odds ratio von 2,9 für die Unfähigkeit zur vollen Abduktion nach Sedierung mit Detomidin feststellen. Dieses deutliche und in mehreren Studien bestätigte Ergebnis ist sicherlich nicht, wie von verschiedenen Autoren postuliert, allein auf die Wirkung des Sedativums zurückzuführen. Schon COOK et al. (1988) und COOK (1988b) merkten an, dass eine systemisch applizierte Substanz, wie zum Beispiel das Sedativum Detomidin, welches hauptsächlich über eine Bindung an Synapsen des zentralen Nervensystems agiert (FREY u. LÖSCHER 2007), eine gleichmäßige Wirkung auf beide Kehlkopfhälften besitzen muss und nicht selektiv die intrinsische Muskulatur des Kehlkopfes oder den Nervus laryngeus recurrens der linken Seite beeinflussen kann. Auch durch den in einer Längendifferenz von etwa 21 cm (COLE 1946) bestehenden anatomischen Unterschied des linken im Vergleich zum rechten Nervus laryngeus recurrens lässt sich die Veränderung der Abduktionsfähigkeit nicht erklären, da CURTIS et al. (2005) nachgewiesen haben, dass die Reizleitungszeit des rechten und linken rückläufigen Kehlkopfnerfs 0,06 und 0,07 Sekunden beträgt und durch eine Sedierung mit Detomidin die Reizleitungsgeschwindigkeit nicht beeinflusst wird, so dass sowohl vor als auch nach Applikation des Sedativums ein Reiz die Muskulatur der linken Kehlkopfhälfte mit der für das menschliche Auge nicht wahrnehmbaren Zeitverzögerung von 10 Millisekunden erreicht, was, wenn es wahrgenommen würde, auch nur eine Asynchronie, aber keine Asymmetrie oder ein Abduktionsdefizit erklären könnte. Weiterhin ist zu beachten, dass trotz des signifikanten Ergebnisses für die Gesamtgruppe der Pferde in dieser Studie in Abhängigkeit vom Untersucher nach nasaler Okklusion 13/13/8 und nach dem Schlucken 18/16/17 Probanden die vollständige Abduktion beider Stellknorpel vor und unter Sedierung erreichen und halten konnten. Auch aufgrund dieses Ergebnisses kann die bei einem Teil der Pferde nach Einsatz des Sedativums auftretende Abduktionsverminderung nicht allein als Einfluss des Medikaments und Artefakt bewertet werden, sondern es ist vielmehr anzunehmen, dass bei diesen Pferden eine Erkrankung des Kehlkopfes und seiner innervierenden Strukturen vorliegt. DUNCAN et al. (1974), DEEGEN et al. (2000) und PIERCY (2009) konnten in ihren Arbeiten nachweisen, dass auch in der Muskulatur der linken Kehlkopfhälfte

von Pferden, welche klinisch und endoskopisch keine oder nur geringgradige Anzeichen einer Kehlkopflähmung aufwiesen, bei histopathologischer Untersuchung Veränderungen im Sinne einer neurogenen Muskelatrophie auftreten können. Entsprechend ist es denkbar, dass es sich bei den Pferden, bei welchen die Fähigkeit, die volle Abduktion des linken Aryknorpels zu erreichen und zu halten unter Sedierung verloren geht, um Patienten mit einer subklinischen Form der distalen Axonopathie des linken Nervus laryngeus recurrens und konsekutiver neurogener Atrophie der Kehlkopfweichteilmuskulatur handelt. Vor Sedierung sind dabei die noch intakten Muskelfasern der subklinisch fehlinnervierten Muskulatur in der Lage, eine für die vollständige Abduktion notwendige Kraft zu entwickeln, während nach Applikation des Sedativums Detomidin der nachgewiesene muskelrelaxierende Effekt des Medikaments (FREY u. LÖSCHER 2007) die intrinsische, abduzierende Muskulatur so weit schwächt, dass die volle Abduktion des linken Aryknorpels nicht mehr gehalten oder gar nicht mehr erreicht werden kann. Die von LINDEGAARD et al. (2007) erhobene Hypothese, der muskelrelaxierende Effekt könne der bei Belastung einsetzenden Ermüdung der Kehlkopfmuskulatur entsprechen, ist gerechtfertigt und sollte in einer Laufbandstudie mit einer repräsentativen Anzahl von Pferden mit entsprechenden ruheendoskopischen Befunden vor und unter Sedierung geprüft werden.

Die nasale Okklusion und das Auslösen eines Schluckaktes werden in der Literatur als gleich wirksame Methoden zum Hervorrufen einer vollständigen Abduktion beschrieben, wobei einige Autoren die erste (LINDSAY et al. 1989; ARCHER et al. 1991) und andere die zweite (PARENTE u. MARTIN 1995) Methode bevorzugen. In der vorliegenden Studie zeigte sich beim Vergleich der Bewertungen für die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nach nasaler Okklusion und nach dem Schlucken bei allen Untersuchern sowohl vor als auch unter Sedierung ein signifikanter Unterschied zwischen den Evaluierungen, wobei die Probanden nach dem Schluckakt eine bessere Bewertung erhielten als nach nasaler Okklusion. Aus diesem Ergebnis und den während den Endoskopien gemachten Erfahrungen ist zu schließen, dass das Auslösen des Schluckaktes als wirksamere Methode zur Auslösung der vollständigen Stellknorpelabduktion beim Pferd anzusehen ist. Der Schluckakt war dabei durch

Besprühen der Epiglottis mit Wasser oder Berührung ihrer Schleimhaut mit der Endoskopspitze oder eines über den Arbeitskanal eingebrachten Katheters bei allen Probanden sowohl vor als auch unter Sedierung wiederholt bei guter Toleranz möglich. Entgegen der Aussagen von ARCHER et al. (1991) und REUTTER et al. (1994), die den Zeitpunkt der vollen Abduktion nach dem Schlucken für schlecht erfassbar halten, war uns dies bei korrekter Positionierung des Endoskops gut möglich. Wichtig ist bei Benutzung einer Lichtquelle mit automatischer Helligkeitsregulierung diese auf manuellen Betrieb umzustellen. Während des Schluckens kommt es sonst zu einer starken Herabregulierung der Lichtstärke und durch die Verzögerung der Automatik ist eine zur Betrachtung ausreichende Helligkeit unter Umständen erst wieder nach der Phase maximaler Abduktion vorhanden.

Eine eindeutige Bewertung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Stellknorpels war in dieser Arbeit nicht bei allen Pferden möglich. So gab es verschiedene Probanden, welche die volle Abduktion nach einigen Schluckakten erreichen und halten, sie nach anderen aber nicht halten oder gar nicht mehr erreichen konnten. Es sei also angemerkt, dass durch die Evaluierung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion, welche das entscheidende Bewertungskriterium aller international eingesetzter Beurteilungsschemata ist und dort über gesund oder an der RLN erkrankt entscheidet, eine eindeutige Klassifizierung im Einzelfall nicht immer gelingt.

#### 3.4.2.5 Ausgangsposition und Bewegungsamplitude des rechten Stellknorpels

Bei einer Laryngoskopie am unsedierten Pferd verharren aufgrund der Aufregung, welche die Untersuchung beim Patienten hervorruft, die Aryknorpel häufig in einer (sub)maximalen Abduktionsstellung oder zeigen von dieser ausgehend nur Bewegungen geringer Amplitude (COOK 1988a). Dies erschwert nach OHNESORGE (1990) die Beurteilung einer Asynchronie und Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich nach Applikation des Sedativums die Ausgangsposition der Stellknorpel vor der Abduktion bei nicht stimulierter Atmung, nasaler Okklusion und dem Schlucken signifikant

verringerte und sich gleichzeitig die Bewegungsamplitude signifikant erhöhte. Lediglich ein Untersucher sah bei 4 der 48 Probanden die Bewegungsamplitude bei nicht stimulierter Atmung unter Sedierung als zu gering an, um sie zu bewerten, so dass die häufig gegen den Einsatz eines Sedativums hervorgebrachte Behauptung, eine Laryngoskopie am sedierten Pferd wäre aufgrund mangelnder Kehlkopfbewegungen nicht auswertbar, nach den Ergebnissen dieser Studie abgelehnt werden muss. Vielmehr lässt sich durch die verstärkt auftretenden Bewegungen, wie oben bereits erläutert, eine Asynchronie der Bewegungen besser und mit höherer Korrelation zwischen mehreren Untersuchern bewerten. Gleichzeitig führen mehr Bewegungen aber auch zu mehr möglichen Befunden, da der Untersucher mehr sieht und mehr bewerten muss. Dies könnte die in der vorliegenden Arbeit und der Studie von DUCHARME et al. (1991) aufgetretenen Abweichungen der Bewertungen mehrerer Untersucher am sedierten Pferd erklären.

#### 3.4.2.6 Atemgeräusche

Ein typisches, d.h. hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch ist das am häufigsten beobachtete klinische Symptom einer Kehlkopflähmung als Folge der RLN. In der vorliegenden Arbeit zeigten 25 Pferde ein typisches Atemgeräusch. Bei nicht stimulierter Atmung zeigten von diesen Probanden 68% vor und 69% unter Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen von 1/3 oder größer, bei stimulierter Atmung waren es 62% bzw. 61%. Hieraus ergibt sich ein Ergebnis, dass mit dem von COOK et al. (1988), die bei 60% der Pferde mit einem Atemgeräusch eine Kehlkopflähmung feststellen konnten, und dem von OHNESORGE (1990), der bei 80,9% der Equiden mit typischem Atemgeräusch auch eine zumindest geringgradige linksseitige Kehlkopflähmung diagnostizieren konnte, vergleichbar ist. Von den Probanden ohne Atemgeräusch wiesen bei nicht stimulierter Atmung 35 % vor und 67% unter Sedierung, bei stimulierter Atmung 18% bzw. 51% eine dauerhafte Asymmetrie von 1/3 oder größer auf. Es ist also aus den Ergebnissen dieser Studie, wie auch schon aus den genannten Arbeiten, zu erkennen, dass Patienten, die mit einem typischen Atemgeräusch auffällig sind, nicht immer eine Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen als Anzeichen einer Recurrent

laryngeal neuropathie in der Ruheendoskopie aufweisen. Dies könnte darin begründet sein, dass andere beim Pferd auftretende und nur unter Belastung während einer Laufbandendoskopie zu diagnostizierende dynamisch-stenotische Erkrankungen der oberen Atemwege (z.B. dynamischer Larynxkollaps, isolierter Stimmfaltenkollaps, axiale Deviation der Plica aryepiglottica) ebenfalls mit einem hochfrequent-tonartigen Atemgeräusch einhergehen können und in der Ruheendoskopie nicht erkennbar sind. Andererseits können Pferde ohne bzw. ohne typisches Atemgeräusch eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter oder auch stimulierter Atmung aufweisen. Zahlreiche Studien (RAKESTRAW et al. 1991; PARENTE 1995; KANNEGIETER u. DOORE 1995; HAMMER et al. 1998; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006b) haben gezeigt, dass Equiden mit einer Asymmetrie in der Ruheendoskopie bei erhaltener Fähigkeit zur vollständigen Abduktion in der überwiegenden Zahl der Fälle unter Belastung eine normale Kehlkopfmobilität zeigen und entsprechend auch kein Atemgeräusch entwickeln. Unter den Pferden mit typischem Atemgeräusch sind nur 45% vor und 55% unter Sedierung nicht in der Lage, die volle Abduktion des linken Stellknorpels zu halten oder überhaupt erst zu erreichen. Damit ist nach internationaler Meinung nur etwa die Hälfte der in dieser Studie mit einem typischen Atemgeräusch auffälligen Pferde als an der RLN erkrankt anzusehen. Andererseits sind von den Pferden ohne typisches Atemgeräusch 19% vor und 42% unter Sedierung nicht fähig, die volle Abduktion des linken Aryknorpels zu halten oder zu erreichen und damit als krank anzusehen. Dies zeigt einmal mehr, dass trotz der in Laufbandstudien (FRANKLIN et al. 2006; J. G. LANE et al. 2006b) bestätigten guten Korrelation zwischen dem Auftreten eines typischen Atemgeräusches und der Recurrent laryngeal neuropathie erkrankte Pferde kein Atemgeräusch aufweisen müssen, jedoch larynxgesunde Pferde mit einem solchen auffällig werden können. In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, dass die Aussage, ob ein Pferd an der RLN erkrankt ist oder nicht, mit Vorsicht gemacht werden sollte. Es sind nämlich prinzipiell alle Pferde, welche eine Asymmetrie und/oder Asynchronie der Kehlkopfbewegungen aufweisen, als an der RLN erkrankt anzusehen, auch wenn der Großteil dieser Pferde keinen dynamischen Larynxkollaps und damit keine

klinischen Symptome entwickelt. Es ist also falsch, nur Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollständigen Abduktion als an der RLN erkrankt anzusehen.

Der unter Sedierung stark erhöhte Anteil von Pferden, welche eine dauerhafte linksseitige Abduktionsverminderung oder eine Abduktionsschwäche nach dem Schlucken zeigten, ohne mit einem Atemgeräusch auffällig zu werden, lässt vermuten, dass bei diesen Tieren zum Zeitpunkt der Untersuchung trotz der Verstärkung der ruheendoskopischen Befunde unter Sedierung keine Störung der Kehlkopffunktion unter Belastung auftrat.

Wie bereits beschrieben ist der größte unter Sedierung zu erhebende Unterschied bei der Evaluierung der Kehlkopffunktion eine signifikante Verschlechterung der Fähigkeit, den linken Stellknorpel vollständig zu abduzieren. Da dieses Merkmal, weil es am besten mit laufbandendoskopischen Befunden korreliert, international höchste Bedeutung besitzt und Patienten, die die volle Abduktion des linken Aryknorpels nicht halten oder gar nicht erst erreichen können, als klinisch an der RLN erkrankt angesehen werden, ist die unter Sedierung zu beobachtende Veränderung von Bedeutung. Vorstellbar ist nämlich, dass die Pferde, welche nach Applikation des Sedativums eine Unfähigkeit zur vollen Abduktion zeigen, im Vergleich zu Pferden, die zwar eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen zeigen, aber unter Sedierung die volle Abduktion beider Stellknorpel erreichen können, zwar auch subklinisch, aber vielleicht mit einer ausgeprägteren Schädigung des Nervus laryngeus recurrens und der von ihm innervierten Muskulatur erkrankt sind. Da sich zudem durch die Sedierung die Bewegungsamplitude der Aryknorpel vergrößert liefert eine zusätzliche endoskopische Untersuchung unter Sedation in der RLN-Diagnostik ergänzende Informationen zur Kehlkopffunktion. Die tatsächliche Bedeutung einer Abduktionsverminderung unter Sedierung muss aber, insbesondere auch unter dem Aspekt, dass DIXON et al. (2002) und DAVIDSON et al. (2007) eine Progression der RLN feststellen konnten, in weiteren Studien untersucht werden.

### 3.5 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden 48 Warmblutpferde einer laryngoskopischen Untersuchung vor und nach Applikation des Sedativums Detomidin unterzogen, die Kehlkopffunktion von 3 unabhängigen Untersuchern anhand der verblindeten Aufnahmen der Endoskopien bewertet und aufgrund der so gewonnenen Ergebnisse der Einfluss der Sedierung auf die Beweglichkeit der Aryknorpel ermittelt. Erfasst wurden dabei die wichtigsten Aspekte der international gebräuchlichen Bewertungsschemata für Störungen der Kehlkopffunktion, nämlich die Asymmetrie und Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, das Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels, die Fähigkeit, die vollständige Abduktion beider Stellknorpel zu erreichen und zu halten, sowie weiterhin die Ausgangsposition und Bewegungsamplitude des rechten Aryknorpels. Außerdem wurden die Probanden auf das Auftreten von Atemgeräuschen hin untersucht.

Während bei den Bewertungen der Asymmetrie bei nicht stimulierter Atmung bei keinem und der Asynchronie der Kehlkopfbewegungen und dem Flattern des linken Aryknorpels nur bei einem Untersucher ein signifikanter Unterschied unter Sedierung festgestellt werden konnte, war eine signifikante Auswirkung des Sedativums auf die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion oder dem Schluckakt bei allen Untersuchern als Verschlechterung der Abduktionsfähigkeit unter Sedierung zu beobachten. Dies ist von besonderer Bedeutung, da nach internationaler Meinung Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion als klinisch an der Recurrent laryngeal disease erkrankt anzusehen sind. Es werden somit Pferde unter Sedierung als krank beurteilt, welche vor Sedierung als larynxgesund zu beurteilen sind. Es kann vermutet werden, dass diese Pferde im Vergleich zu Pferden, welche zwar auch eine Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung aufweisen, aber vor und unter Sedierung beide Stellknorpel vollständig abduzieren können, eine stärkere Schädigung der Kehlkopfmuskulatur und ihrer innervierenden Strukturen besitzen. Weiterhin wurden nach Applikation des Sedativums eine signifikante Verkleinerung der Ausgangsposition und eine signifikante Erhöhung der Bewegungsamplitude des rechten Aryknorpels in der Gruppe der untersuchten Pferde festgestellt. 25 Pferde zeigten ein typisches

Atemgeräusch. Von diesen zeigten 68% vor und 69% unter Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung und 45% waren vor und 55% unter Sedierung nicht fähig, die volle Abduktion des linken Aryknorpels zu halten oder überhaupt zu erreichen. Von den Pferden mit einer dauerhaften Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen zeigten vor Sedierung 65% und unter Sedierung 53% ein typisches Atemgeräusch. Ein solches wiesen von den Probanden, die die volle Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken nicht halten oder gar nicht erreichen konnten, 83% vor und 59% unter Sedierung auf.

## 4 Teil B: Zur Nutzbarkeit einer trigonometrischen Messmethode in der Diagnostik der RLN

### 4.1 Einleitung

Die Diagnostik der Recurrent laryngeal neuropathie beruht heutzutage routinemäßig auf der Bewertung ruheendoskopischer Befunde des Kehlkopfes in Verbindung mit klinischen Symptomen. Die Klassifizierung erfolgt international anhand verschiedener Schemata, nämlich dem 4-Grad-Schema mit 3 Übergangsstufen (OHNESORGE et al. 1994), dem 4-Grad-Schema (DUCHARME et al. 1991; HACKETT et al. 1991; DUCHARME 2004), dem 5-Grad-Schema (LANE 1993) und dem 6-Grad-Schema (DIXON et al. 2001). Beurteilt werden dabei zur Evaluierung der Funktion des Larynx in allen Bewertungssystemen die Asymmetrie und Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, das Flattern oder Zittern des betroffenen Stellknorpels und die Fähigkeit, die vollständige Abduktion beider Aryknorpel nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken zu erreichen und zu halten. Wie bei allen von Personen durchgeführten Bewertungen unterliegt auch die Evaluierung der Kehlkopffunktion einem persönlichen, subjektiven Einfluss, beruhend auf der Erfahrung, der Ausbildung und der eigenen Meinung des Untersuchers. So zeigen die Studien von DUCHARME et al. (1991) und LINDEGAARD et al. (2007), in welchen 3 Untersucher unabhängig voneinander die gleichen Videoaufnahmen laryngoskopischer Untersuchungen beurteilten, dass zwischen den Evaluierungen der Untersucher, insbesondere bei der Bewertung der Asymmetrie von Kehlkopfbewegungen, signifikante Unterschiede auftreten können. Zur Objektivierung der Ergebnisse laryngoskopischer Untersuchungen, was insbesondere zur Belegung der Resultate wissenschaftlicher Arbeiten sinnvoll sein kann, bieten sich computergestützte Messmethoden an. Erstmals nutzten MARTIN et al. (1986) ein planimetrisches Messverfahren zur Bestimmung der Querschnittsfläche der Rima glottis, dass in ähnlicher Form auch von DUCHARME et al. (1991) sowie RAKESTRAW et al. (1991) und HAMMER et al. (1998) in ihren laufbandendoskopischen Studien

verwendet wurde. Hierbei wird die mit einem Messprogramm am Computer bestimmte Fläche der Stimmritze mit Hilfe der durch die dorsale und ventrale Kommissur der Rima glottis gelegten Symmetrieachse des Kehlkopfes in eine rechte und linke Teilfläche zerlegt und anschließend das Verhältnis dieser Flächen zueinander errechnet. Auch DART et al. (2009) nutzten diese Messmethode in einer in vitro Studie zur Laryngoplastik. REUTTER et al. (1994) überprüften in ihrer Arbeit die Nutzbarkeit dieses Verfahrens in einer Wiederholungsstudie und stellten Varianzen der Ergebnisse von 0,05 und größer fest. Dies führten sie auf die oft schwierig festzulegenden Begrenzungen der Fläche der Rima glottis zurück und bewerteten die Reproduzierbarkeit der Methode als nicht ausreichend. REUTTER et al. (1994) hingegen entwickelten eine trigonometrische Messmethode zur objektiven Erfassung von Kehlkopfasymmetrien. Bei dieser so genannten Tangententmessmethode bestimmt man die Winkel zwischen der Symmetrieachse und den an die Aryknorpelaussenkanten gelegten Tangenten und setzt sie in Verhältnis zu einander. Bei wiederholter Vermessung waren dabei Varianzen von 0,002 oder kleiner festzustellen. REUTTER et al. (1994) halten dieses Verfahren daher bei hoher Reproduzierbarkeit bei allen Patienten ohne pathologische Veränderungen der Stellknorpelschleimhaut, welche ein korrektes Anlegen der Tangenten erschweren, für gut einsetzbar. Diese Messmethode wurde von JANSSON et al. (2000) in einer in vitro und WEISHAUPT et al. (2004) in einer in vivo Studie vor und nach Laryngoplastik genutzt.

In der vorliegenden Arbeit soll durch den Vergleich der durch 3 Untersucher genau ermittelten Quantität der Asymmetrie von Kehlkopfbewegungen und den entsprechenden trigonometrischen Messungen die Korrelation zwischen den Ergebnissen der subjektiven Bewertung und der Tangententmessmethode nach REUTTER et al. (1994) überprüft werden.

## 4.2 Material und Methode

### 4.2.1 Material

Untersucht wurden im Zeitraum von Mai 2008 bis Februar 2009 48 Warmblutpferde, bei denen es sich sowohl um Patienten der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, als auch um klinikeigene Pferde handelte. Die Probanden, 11 Stuten, 4 Hengste und 33 Wallache mit einem Alter von 3-19 Jahren (Median 8 Jahre), einer Größe von 162-187 cm (Median 170 cm) und einem Gewicht von 520-715 kg (Median 607,5 kg), wurden in den Räumlichkeiten der Klinik für Pferde untersucht.

### 4.2.2 Methode

Die endoskopische Untersuchung wurde in einem Untersuchungsstand oder in der Box durchgeführt. Verwendet wurde ein flexibles Endoskop mit einer Länge von 130 cm und einem Durchmesser von 9,8 mm (Olympus PCF Typ 130I; Olympus Corporation, Tokio, Japan) in Verbindung mit einer Xenon-Lichtquelle und einem digitalen Prozessor (Olympus Exera CLV-160; Olympus Corporation, Tokio, Japan). Die Pferde wurden von einer Hilfsperson mit einem Halfter am Kopf fixiert, bei 5 Pferden wurde bei der Untersuchung ohne Sedation zusätzlich eine Oberlippenseilbremse als Zwangsmaßnahme verwendet. Von einer zweiten Hilfsperson wurde das Endoskop über die rechte Nüster in den ventralen Nasengang eingeführt und so weit vorgeschoben, bis der Kehlkopf in seiner Gesamtheit bildfüllend zu betrachten war. Es wurde dann die Motilität des Kehlkopfes ohne Beeinflussung der Atmung betrachtet und die endoskopische Untersuchung mit einem VHS-Recorder aufgezeichnet. Die Untersuchung wurde bei allen Probanden ohne Sedierung sowie 3-5 min nach intravenöser Injektion des Sedativums Detomidinhydrochlorid (Domosedan; Pfizer GmbH, Karlsruhe, Germany) in einer Dosierung von 12-15 µg/kg KGW analog durchgeführt.

Die so erhaltenen Videoaufnahmen wurden anschließend digitalisiert und für jede Untersuchung mit Hilfe des Videobearbeitungsprogrammes MPEG-Wizzard (Womble Multimedia, Inc., USA) eine etwa 2minütige Videosequenz erstellt.

Die Videos wurden durch die zufällige Zuordnung einer Nummer randomisiert und ebenfalls verblindet und anschließend den drei Untersuchern zur Bewertung vorgelegt. Die Beurteilung erfolgte nicht nach einem der verschiedenen international gebräuchlichen Schemata, sondern es wurde in Anlehnung an Ohnesorge (1990) die Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen erfasst. Hierzu wurden Ungleichmäßigkeiten in den Bewegungen der beiden Aryknorpel als verminderte Abduktion des linken Stellknorpels aufgenommen, eine Quantifizierung des Motilitätsdefizites erfolgte jeweils im Vergleich zur rechten Seite (Tab. 8).

Tab. 8: Bewertungssystem für die Stärke der linksseitigen Abduktionsverminderung in Scorepunkten (SP)

|        | Häufigkeit des Auftretens | Abduktionsverminderung |               |               |               | SP |
|--------|---------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|----|
|        |                           | keine ( Wert 1)        | <1/3 (Wert 2) | <2/3 (Wert 3) | >2/3 (Wert 4) |    |
| Bsp. 1 | ausschließlich (x3)       | X                      |               |               |               | 3  |
| Bsp. 2 | überwiegend (x2)          | X                      |               |               |               | 4  |
|        | vereinzelt (x1)           |                        | X             |               |               |    |
| Bsp. 3 | vereinzelt (x1)           | X                      |               |               |               | 5  |
|        | überwiegend (x2)          |                        | X             |               |               |    |
|        | ⋮                         | ⋮                      | ⋮             | ⋮             | ⋮             | ⋮  |
| Bsp. 4 | vereinzelt (x1)           |                        |               | X             |               | 11 |
|        | überwiegend (x2)          |                        |               |               | X             |    |
| Bsp. 5 | ausschließlich (x3)       |                        |               |               | X             | 12 |

Da bei einem Probanden die Abduktionsverminderung während einer Laryngoskopie in ihrer Stärke variieren kann und die Schweregrade dabei unterschiedlich häufig auftreten können wurde auch dies erfasst, indem bei vereinzelter Auftreten einer Merkmalsausprägung ihr Wert mit 1, bei überwiegender Auftreten mit 2 und bei

ausschließlichem Auftreten mit 3 multipliziert wurde. Bei gleichhäufigem Auftreten mit einer anderen Merkmalsausprägung wurden beide Werte mit 1,5 multipliziert. Die so für die aufgetretenen Schweregrade ermittelten Einzelwerte ergeben in der Addition die Quantität der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen in Scorepunkten. So erhält zum Beispiel ein Pferd, welches überwiegend keine Abduktionsverminderung (Wert 1) und vereinzelt ein Abduktionsdefizit  $< 1/3$  (Wert 2) zeigt,  $2 \times 1 + 1 \times 2 = 4$  Scorepunkte (Bsp.2). Die Videos wurden zur Objektivierung der Ergebnisse von den Gutachtern unabhängig voneinander bewertet. Aus den Bewertungen der 3 Untersucher wurde anschließend der Mittelwert errechnet und dieser als tatsächliches Ergebnis für die Stärke der Asymmetrie (in Scorepunkten) betrachtet.

Zur Prüfung der Korrelation zwischen den subjektiven Bewertungen und den Ergebnissen der trigonometrischen Messmethode für die Beurteilung der Kehlkopffunktion beim Pferd wurden an mit Hilfe des MPEG-Wizzard (Womble Multimedia Inc., USA) erstellten Standbildern die Öffnungswinkel der Aryknorpel nach der von REUTTER et al. (1994) vorgestellten Tangentenmethode bestimmt und das Verhältnis vom rechten zum linken Winkel errechnet. Zur Erstellung der Bilder wurden ebenfalls die verblindeten Videoaufnahmen genutzt. Die Messungen wurden mit dem Programm Scion Image (Scion Corporation, Maryland, USA) durchgeführt. Hierzu wurde zuerst die Symmetrieachse durch die distale Kommissur der Rima glottis (Punkt C), definiert als der Treffpunkt der Plicae vocales, und durch die proximale Kommissur der Stimmritze (Punkt B), definiert als Winkel zwischen den Processus corniculatus der Aryknorpel, gelegt und nach proximal um  $1/3$  der Strecke C→B verlängert (Punkt A). Anschließend wurden von Punkt A aus Tangenten an die Außenseiten beider Aryknorpel (Punkte D1 u. D2) gelegt, die Winkel zwischen den Tangenten und der Symmetrieachse gemessen und der Quotient von Winkel rechts zu Winkel links ( $Q \alpha_{\text{rechts}}/\alpha_{\text{links}}$ ) gebildet (Abb. 11).

Die Messungen wurden an Standbildern von 4 Ruheatemzügen in der Phase maximaler Asymmetrie durchgeführt, wobei der jeweils nach 15, 30, 45 und 60 Sekunden folgende auswertbare Atemzug gewählt wurde. Der Zeitpunkt maximaler Asymmetrie des Kehlkopfes wurde unter Benutzung der Bild zu Bild Funktion des

MPEG-Wizzard (Womble Multimedia Inc., USA) bestimmt. Zur Minimierung des methodischen Fehlers wurden alle Messungen dreimal wiederholt und anschließend die Mittelwerte gebildet. Die Wiederholbarkeit der Messmethode wurde durch die zehnmal wiederholte Messung von fünf zufällig ausgewählten Standbildern mit nachfolgender Bestimmung der Standardabweichung und Varianz überprüft.

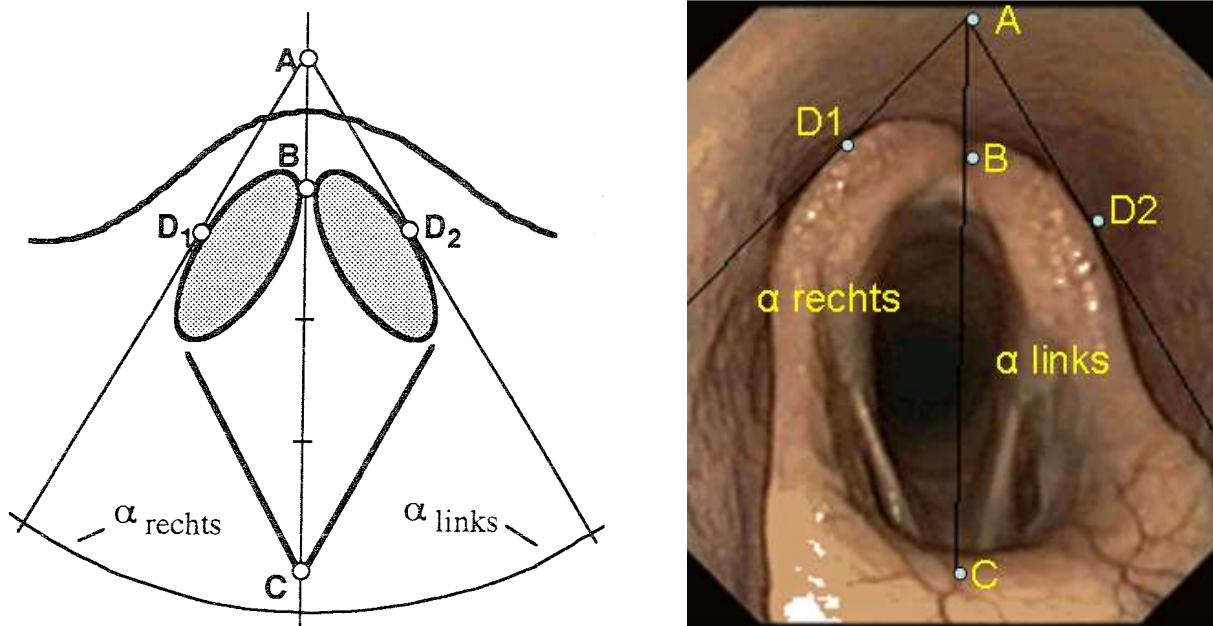


Abb. 11: Tangentemessmethode (REUTTER et al. 1994)

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der ermittelten Daten wurde mit dem Statistikprogramm SAS<sup>®</sup> Version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) durchgeführt. Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte mit Hilfe des „Shapiro-Wilks“-Tests und visueller Bewertung der QQ-Plots. Die Daten zeigten keine Normalverteilung. Zur Überprüfung der Korrelation zwischen den subjektiven Bewertungen der Untersucher und den Ergebnissen der Tangentemessmethode zur Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen wurde der „Rang-Korrelationskoeffizient nach Spearman“ für nicht normalverteilte Merkmale genutzt.

## 4.3 Ergebnisse

### 4.3.1 Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung

Bei der Überprüfung der Wiederholbarkeit der Tangentenmessmethode durch die zehnmal wiederholte Messung von 5 zufällig ausgewählten Standbildern konnte für die Standardabweichung ein Wert von maximal  $\pm 0,015$  und für die Varianz ein Wert von maximal 0,0002 errechnet werden.

### 4.3.2 Ergebnisse der Korrelationsprüfung

Wie oben bereits beschrieben, wird der Mittelwert der von den 3 Untersuchern pro Pferd abgegebenen Bewertungen, zwischen denen im übrigen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten, als Ergebnis der in Scorepunkten beurteilten Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen verwendet. In den Tabellen 1a und 1b sind die vergebenen Scorepunkte und ihnen zugeordnet das Minimum, der Mittelwert und das Maximum der trigonometrischen Messwerte, welche bei Pferden mit der gleichen Scorepunktzahl gemessen wurden, für die Evaluierung vor (Tab. 9a) und unter (Tab. 9b) Sedierung dargestellt.

Bei Betrachtung der Verteilung der Winkelquotienten ist aber zu bemerken, dass bei Pferden mit einer durch die subjektive Beurteilung unterschiedlich starken Asymmetrie durchaus gleiche Werte für das Winkelverhältnis erhoben werden können. Insbesondere ist dies bei Pferden der Fall, welche keine oder eine bis zu  $1/3$  verminderte linksseitige Abduktion (3-6 Scorepunkte) zeigten. Aber auch bei Pferden mit einer dauerhaften Abduktionsverminderung von bis zu  $2/3$  oder stärker (9 und mehr Punkte) können gleiche oder sogar kleinere Winkelquotienten als bei Probanden, deren Abduktion nur bis zu  $1/3$  (6 Punkte) vermindert ist, gemessen werden. Ebenso ist zu bemerken, dass die Winkelquotienten bei Probanden mit gleich starker Asymmetrie in der subjektiven Bewertung eine Streuung von bis zu 0,26 bzw. 19% aufweisen können.

Es ist für die am nicht sedierten Pferd erhobenen subjektiven Bewertungen und die trigonometrischen Messungen der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen ein Korrelationskoeffizient von 0,84 festzustellen, während sich für die Ergebnisse am

sedierten Pferd ein Korrelationskoeffizient von 0,76 ergibt. Der Zusammenhang zwischen den subjektiven Beurteilungen der Untersucher und den Ergebnissen der Tangentenmessmethode ist für die Befunde vor bzw. unter Sedierung in der Abb. 12a bzw. 12b dargestellt.

Tab 9a und b: Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen vor (a) und nach (b) Sedierung in Scorepunkten und den Winkelquotienten  $\alpha_{rechts}/\alpha_{links}$  der Tangentenmessmethode (Minimum = min, Mittelwert = mean und Maximum = max der Messwerte)

| Stärke der Asymmetrie vor Sedierung              |                |      |      |
|--|----------------|------|------|
| Scorepunkte<br>(Mittelwert aus 3<br>Bewertungen) | Winkelquotient |      |      |
|  | min            | mean | max  |
| 3,00   | 0,93           | 1,03 | 1,08 |
| 3,33   | 0,91           | 0,99 | 1,06 |
| 3,67   |                | 1,07 |      |
| 4,00   | 0,98           | 1,03 | 1,07 |
| 4,33   | 1,03           | 1,08 | 1,10 |
| 4,50   |                | 1,13 |      |
| 4,67   | 1,02           | 1,05 | 1,07 |
| 4,83   |                | 1,08 |      |
| 5,00   | 1,06           | 1,13 | 1,18 |
| 5,33   | 1,07           | 1,14 | 1,21 |
| 5,67   | 1,16           | 1,17 | 1,18 |
| 6,00   | 1,09           | 1,14 | 1,28 |
| 6,83   |                | 1,22 |      |
| 7,00   | 1,16           | 1,22 | 1,28 |
| 7,33   |                | 1,20 |      |
| 8,00   |                | 1,31 |      |
| 8,17   |                | 1,30 |      |
| 8,67   |                | 1,30 |      |
| 9,00   |                | 1,42 |      |
| 9,33   | 1,29           | 1,41 | 1,52 |
| 12,00  |                | 1,96 |      |

Tab.9a

| Stärke der Asymmetrie nach Sedierung             |                |      |      |
|--|----------------|------|------|
| Scorepunkte<br>(Mittelwert aus 3<br>Bewertungen) | Winkelquotient |      |      |
|  | min            | mean | max  |
| 3,00   | 0,97           | 1,06 | 1,13 |
| 3,33   |                | 1,03 |      |
| 3,67   |                | 1,05 |      |
| 4,00   |                | 1,03 |      |
| 4,17   |                | 1,02 |      |
| 4,33   | 1,07           | 1,09 | 1,13 |
| 4,67   |                | 1,13 |      |
| 4,83   |                | 1,17 |      |
| 5,00   | 1,09           | 1,13 | 1,17 |
| 5,33   | 1,13           | 1,19 | 1,33 |
| 5,67   |                | 1,28 |      |
| 6,00   | 1,09           | 1,21 | 1,35 |
| 6,33   | 1,18           | 1,23 | 1,27 |
| 6,67   | 1,13           | 1,18 | 1,21 |
| 6,83   |                | 1,19 |      |
| 7,00   |                | 1,19 |      |
| 7,83   |                | 1,48 |      |
| 8,00   | 1,23           | 1,27 | 1,30 |
| 8,33   |                | 1,18 |      |
| 8,67   |                | 1,45 |      |
| 9,00   |                | 1,96 |      |
| 9,33   |                | 1,21 |      |
| 10,00  |                | 1,43 |      |
| 12,00  |                | 1,46 |      |

Tab.9b

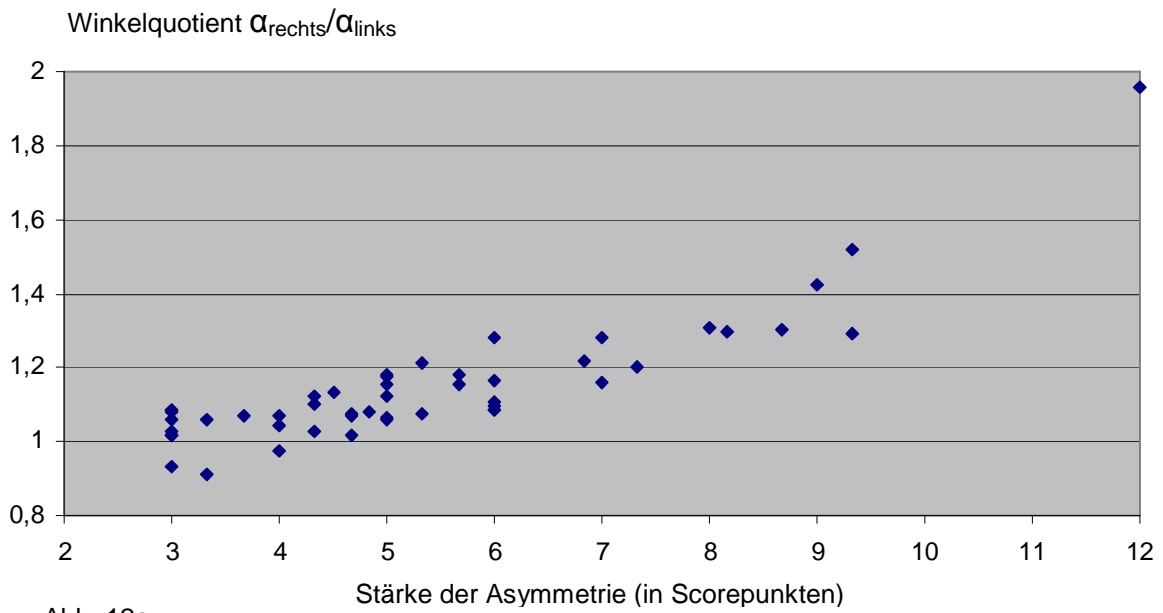


Abb. 12a

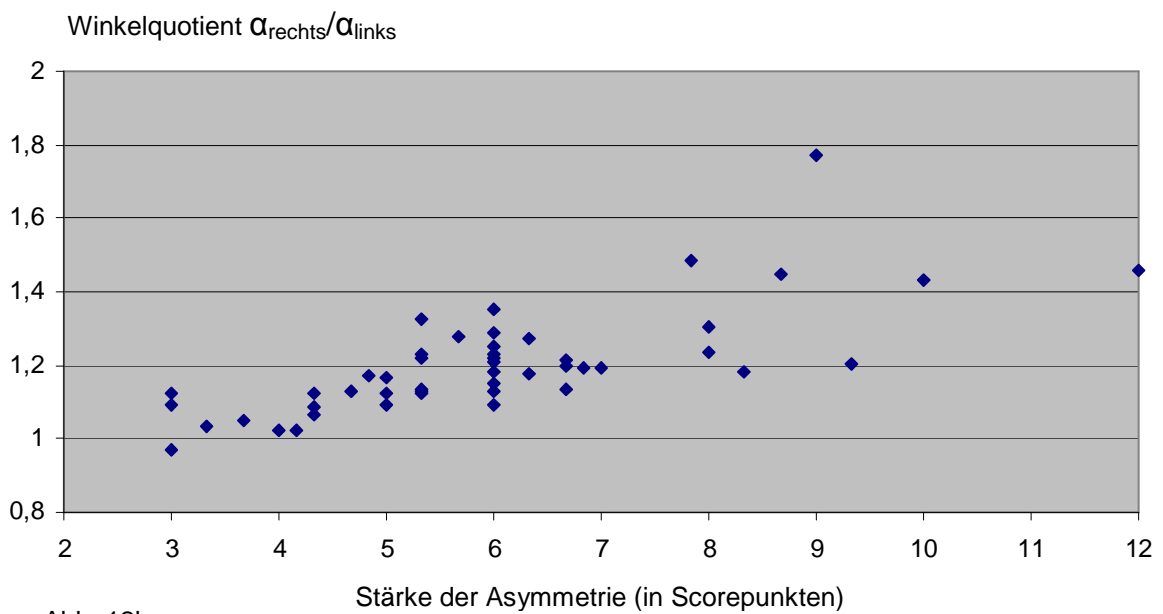


Abb. 12b

Abb. 12a und b: Verteilung der aus den trigonometrischen Messwerten errechneten Winkelquotienten  $\alpha_{\text{rechts}}/\alpha_{\text{links}}$  im Verhältnis zur subjektiv bewerteten Stärke der Asymmetrie von Kehlkopfbewegungen (in Scorepunkten) vor (Abb. 12a) und unter (Abb. 12b) Sedierung.

## 4.4 Diskussion

### 4.4.1 Diskussion der Methode

Ziel dieser Arbeit war es, die Korrelation zwischen einer subjektiven Bewertung der Asymmetrie von Kehlkopfbewegungen und den entsprechenden Ergebnissen der Tangentennessmethode nach REUTTER et al. (1994) zu bestimmen. Eine möglichst optimale Beurteilung der Kehlkopffunktion wurde durch die von 3 Untersuchern unabhängig voneinander an verblindeten Videoaufnahmen durchgeführte Evaluierung angestrebt. Zwischen den Bewertungen mehrerer Gutachter, insbesondere für die Asymmetrie von Kehlkopfbewegungen, können aber häufig signifikante Unterschiede auftreten (DUCHARME et al. 1991; LINDEGAARD et al. 2007). Deshalb wurde der Mittelwert der von den 3 Gutachtern für jedes Pferd abgegebenen Beurteilungen, auch wenn ihr Unterschied in dieser Studie nicht das Signifikanzniveau erreichte, als exaktes Ergebnis für die Stärke der endoskopisch bewertbaren Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen genutzt. Die trigonometrischen Messungen zur objektiven Quantifizierung der Kehlkopfasymmetrie wurden bei jedem Pferd nicht nur an einem Bild, sondern an 4 im Abstand von 15 Sekunden gemachten Standbildern durchgeführt, um so nach Mittelwertbildung ein möglichst genaues und die tatsächliche Stärke eines Abduktionsdefizits widerspiegelndes Messergebnis zu erhalten. Um den methodischen Fehler der Messmethode zu minimieren, wurden alle Messungen 3mal wiederholt und anschließend der Mittelwert der 3 Ergebnisse berechnet.

### 4.4.2 Diskussion der Ergebnisse

Der methodische Fehler der Tangentennessmethode stellte sich in dieser Arbeit mit einer maximalen Varianz von 0,0002 als um den Faktor 10 kleiner als in der ursprünglichen Studie von REUTTER et al. (1994) dar, was für die sehr gute Wiederholbarkeit dieser Messmethode mit hoher Reproduzierbarkeit ihrer Ergebnisse spricht.

Die zwischen den Ergebnissen der subjektiven Beurteilung und den Winkelquotienten für die Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen gefundene

Korrelation mit Korrelationskoeffizienten von 0,84 vor und 0,76 nach Sedierung ist als relativ hoch zu bewerten. Bei Betrachtung der absoluten Werte fällt aber auf, dass bei Pferden mit einer durch die subjektive Beurteilung unterschiedlich starken Asymmetrie durchaus gleiche Werte für das Winkelverhältnis erhoben werden können. Ebenso ist zu bemerken, dass die Quotienten bei Probanden mit gleich starker Asymmetrie in der subjektiven Bewertung eine Streuung von bis zu 0,26 bzw. 19% aufweisen können. Es muss also im Hinblick auf die Nutzbarkeit der Messmethode das gute Ergebnis der statistischen Korrelationsprüfung aufgrund der Verteilung der absoluten Ergebnisse relativiert werden. Zwar wird bei keinem gesunden Pferd (3 Scorepunkte) ein Winkelquotient wie bei einem mittelgradig erkrankten Tier (9 Scorepunkte) erhoben, doch sollte die Unterscheidung solcher Patienten jedem Gutachter auch ohne Messung möglich sein. Im wichtigen und häufig mit umstrittenen Bewertungen belegten Bereich von 3 bis 6 Scorepunkten aber erscheint die Tangentenmessmethode nicht exakt genug, um zum Beispiel zur Belegung wissenschaftlicher Ergebnisse einen entscheidenden Vorteil zur subjektiven Bewertung zu bringen. Mehrere Ursachen kommen für die Ungenauigkeit in Frage. Zum einen sind die ventrale und dorsale Kommissur der Rima glottis anatomisch nicht genau definiert, so dass es bei der Konstruktion der Symmetrieachse und ihrer Verlängerung nach proximal zu Abweichungen kommen kann. Zum anderen kann die bei verschiedenen Pferden unterschiedliche Form der Stellknorpelaußenkante das Anlegen der Tangenten beeinflussen. Außerdem ist zu bedenken, dass bei der subjektiven Bewertung alle Atemzüge beurteilt wurden, bei den Messungen jedoch nur 4 Standbilder zur Befunderhebung genutzt wurden. Auch wenn diese Bilder Atemzüge zu verschiedenen Zeiten der Laryngoskopie zeigen, ist es vorstellbar, dass die tatsächliche Stärke einer Abduktionsverminderung durch diese kleine Zahl von vermessenen Atemzügen nicht immer mit guter Korrelation zur subjektiven Bewertung zu erfassen ist. Weiterhin kann die Vermessung eines statischen Bildes die Dynamik der Kehlkopfbewegungen, welche in die subjektive Beurteilung mit einfließt, nicht erfassen. Auch die Auswahl der Standbilder kann unter Umständen als Grund für die hohe Streuung der Winkelquotienten bei Pferden mit gleicher Scorepunktzahl herangeführt werden. Die Festlegung des Zeitpunktes

maximaler Kehlkopfasymmetrie unter Zuhilfenahme der Bild zu Bild Funktion des Videoprogramms unterliegt nämlich dem subjektiven Einfluss der die Bilder anfertigenden Person. Aufgrund dieser Diskussionspunkte müssten also, um eine größtmögliche Korrelation zwischen den Ergebnissen der subjektiven Bewertung und der Tangentennessmethode zu erreichen, entweder alle Atemzüge vermessen werden oder es dürften nur die vermessenen Standbilder bewertet werden. Beide Wege erscheinen aber nicht praktikabel und sind auch so in den Arbeiten, in welchen die Tangentennessmethode bisher in der Kehlkopfdiagnostik benutzt wurde, noch nicht angewendet worden. Weiterhin ist die Messung der Öffnungswinkel der Stellknorpel nur bei nicht stimulierter Atmung möglich. Nach nasaler Okklusion oder dem Schluckakt aber ist die Phase vollständiger Abduktion, deren Bewertung in fast allen Bewertungsschemata von größter Bedeutung ist, durch die Tangentennessmethode meist nicht zu erfassen. Oft sind die Aussenkanten der Aryknorpel dabei nämlich zumindest partiell vom Rachendach verdeckt, so dass ein exaktes Anlegen der Tangenten nicht möglich ist. Auch an Standbildern laufbandendoskopischer Untersuchungen verhindert die oftmals zu schlechte Bildqualität einen Einsatz dieses trigonometrischen Messsystems. Die bei jeder Laryngoskopie über einen Nasengang auftretende Verzerrung durch die leicht laterale Ansicht hingegen hat keinen Einfluss auf die Messergebnisse, da REUTTER et al. (1994) gleiche Resultate bei der Endoskopie über den rechten und linken Nasengang erheben konnten. Die Methode erscheint jedoch als ausreichend geeignet, den Erfolg einer Laryngoplastik zu vermessen (JANSSON et al. 2000; WEISHAUPT et al. 2004), da der Messwertunterschied zwischen einem vor Operation mittel- bis hochgradig gelähmten und nach Operation (sub)maximal abduziertem linken Stellknorpel sicher festgestellt werden kann.

#### 4.5 Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurde bei 48 Warmblutpferden eine laryngoskopische Untersuchung vor und unter Sedierung durchgeführt und die Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung von 3 Untersuchern unabhängig voneinander beurteilt. Außerdem wurden mit der

Tangentenmessmethode nach REUTTER et al. (2004) bei jedem Pferd die Öffnungswinkel der Aryknorpel und ihr Quotient bestimmt. Zwischen den subjektiven Bewertungen und den aus den trigonometrischen Messungen errechneten Winkelquotienten konnte ein Korrelationskoeffizient in Höhe von 0,84 vor und 0,76 unter Sedierung festgestellt werden. Pferde mit gleich starker Asymmetrie in der subjektiven Bewertung konnten sich in ihren Messwerten deutlich unterscheiden (Streuung bis zu 19%), während bei Probanden mit unterschiedlich starker Asymmetrie gleiche Werte gemessen wurden. Die Wiederholbarkeit der Tangentenmessmethode ist aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit als gut zu bewerten.

## 5 Teil C: Zum Einfluss einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband auf die endoskopisch evaluierbare Funktion der oberen Atemwege beim Pferd

### 5.1 Einleitung

Die Diagnostik von Erkrankungen der oberen Atemwege beim Pferd beruht heute routinemäßig auf der endoskopischen Untersuchung der Nasenhöhle, des Pharynx und Larynx am stehenden Patienten. Für die Gruppe der dynamisch-stenotischen Erkrankungen des oberen Atemtraktes aber, welche nur unter Belastung auftreten und entsprechend auch nur dann diagnostiziert werden können, ist durch die Ruheendoskopie in Verbindung mit klinischen Symptomen häufig nur eine Verdachtsdiagnose zu stellen. Hier stellt die endoskopische Untersuchung auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband aktuell den diagnostischen Goldstandard dar (FRANKLIN 2008). Lediglich die Recurrent laryngeal neuropathie (RLN) ist nach internationaler Ansicht auch durch Befunde der Laryngoskopie am stehenden Pferd mit ausreichender Sicherheit festzustellen, da in verschiedenen Studien (PARENTE 1995; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006b; FRANKLIN et al. 2006) die überwiegende Zahl (82-100%) von Pferden, welche die volle Abduktion des linken Aryknorpels in der Ruheendoskopie nicht erreichen und/oder halten konnten, auch einen dynamischen Kollaps der betroffenen Kehlkopfseite unter Belastung zeigten. Hingegen konnte in der Arbeit von RAKESTRAW et al. (1991) bei der Mehrzahl der Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion des linken Stellknorpels in Ruhe keine Abduktionsschwäche unter Belastung festgestellt werden. HAMMER et al. führen dies auf die im Vergleich zu ihrer Studie geringere Belastungsintensität zurück. Aufgrund dieser widersprüchlichen Ergebnisse und den in vielen Studien auftretenden Fällen, in denen Pferde ohne Bewegungsstörung des Kehlkopfes in der Ruheendoskopie unter Belastung einen Larynxkollaps aufweisen, bleibt aber auch für die RLN die endoskopische Untersuchung auf dem Laufband das optimale Diagnostikum (ANDERSON 2004).

Kontrovers diskutiert wird im Rahmen der endoskopischen Diagnostik seit etwa 30 Jahren der Einfluss von Sedativa auf die Kehlkopfmotorik. Ein Teil der Autoren lehnt ihren Einsatz während der Endoskopie ab, weil sie eine für die Befunderhebung nachteilige und rein auf der pharmakologischen Wirkung des Medikaments beruhende, die tatsächlichen Befunde verfälschende Beeinflussung postulieren (HAYNES 1978,1984; PASCOE 1981; BAKER 1983b; ARCHER et al. 1991; BATHE 1993; VALDEZ-VAZQUEZ et al.1995). COOK et al. (1988) und COOK (1988b) hingegen sagen, dass eine systemisch applizierte Substanz auf beide Kehlkopfhälften gleich wirken muss und somit keine Asynchronie oder Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen hervorrufen kann. Sie befürworten die Laryngoskopie unter Sedierung, da nach ihrer Meinung eine bestehende Asymmetrie unter Sedierung verdeutlicht wird. Auch OHNESORGE (1990) und DEEGEN et al. (2000) halten durch die gesteigerte Untersuchungsakzeptanz und die Erhöhung der Amplitude der Kehlkopfbewegungen nach Sedierung die Laryngoskopie unter dem Einfluss eines Sedativums für vorteilhaft. Ebenso befürworten LINDEGAARD et al. (2007) die endoskopische Diagnostik der RLN am sedierten Pferd, da sie vermuten, dass der Einfluss des Sedativums der während einer Belastung auftretenden Ermüdung der Kehlkopfmuskulatur gleicht und deshalb diagnostisch wertvoll ist.

In der vorliegenden Arbeit soll der Einfluss des Sedativums Detomidin und einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband auf die Funktion der oberen Atemwege, speziell aber des Larynx, beim Warmblutpferd untersucht werden. Bisherige Studien sind fast ausnahmslos mit Galopp- oder Trabrennpferden durchgeführt worden, so dass in der vorliegenden Arbeit gezielt Warmblüter zur Erhebung von Daten für diesen Pferdetyp gewählt wurden.

## 5.2 Material und Methode

### 5.2.1 Material

Im Rahmen dieser Studie wurden im Zeitraum von Mai 2008 bis Februar 2009 16 Warmblutpferde untersucht, bei denen es sich sowohl um Patienten der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover als auch um klinikeigene Pferde handelte. Die Probanden, 2 Stuten, 2 Hengste und 12 Wallache mit einem Alter von 3-18 Jahren (Median 9 Jahre), einer Größe von 164-187 cm (Median 173 cm) und einem Gewicht von 535-695 kg (Median 615 kg), wurden in den Räumlichkeiten der Klinik für Pferde untersucht. Ausschlusskriterien waren eine Größe von weniger als 150 cm Stockmaß, ein Alter unter 2 bzw. über 20 Jahre, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der tiefen Atemwege oder des Bewegungsapparates, welche eine Belastung an der Longe oder auf dem Laufband nicht zuließen, sowie in Ruhe klinisch oder endoskopisch diagnostizierbare Erkrankungen der oberen Atemwege exklusive der Hemiplegia laryngis, der während der Endoskopie spontan auftretenden und reponierbaren dorsalen Gaumensegelferlagerung und allen strikt auf die Nasennebenhöhlen beschränkten Erkrankungen.

### 5.2.2 Methode

Vor der Untersuchung der Patienten wurde im Rahmen der Anamnese das Auftreten von Atemgeräuschen, einer Leistungsinsuffizienz sowie die Historie einer Druseerkrankung oder einer paravenösen Injektion bzw. Periphlebitis erfragt. 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 eine eingehende Palpation beider Jugularvenen und der Processus musculares der Aryknorpel im Seitenvergleich.

Alle Pferde wurden in der Reithalle an der Longe im Hinblick auf das Auftreten von Atemgeräuschen untersucht. Die Probanden trugen eine Trense mit englisch

kombiniertem Reithalter und einer einfach gebrochenen Wassertrense und wurden mittels zweier seitlicher Ausbindezügel und eines Longiergurtes so ausgebunden, dass die Nasenrückenlinie sich in der Senkrechten oder knapp davor befand, um ein Einklemmen des Kehlkopfes und das dadurch bedingte Entstehen von Atemgeräuschen bei zu tiefer Ausbindung zu verhindern. Alle Pferde wurden standardisiert 5 min ausgebunden im Trab und je 5 min ausgebunden und 2,5 min unausgebunden im Galopp auf beiden Händen untersucht. Die im Rahmen der Longenbelastung aufgetretenen Atemgeräusche wurden festgehalten und anschließend eine Einteilung der Probanden in fünf Kategorien vorgenommen (Tab. 10):

Tab. 10: Atemgeräuschkategorien

| Kategorie | Merkmalsausprägung   |
|-----------|--|
| A         | Kein Atemgeräusch  |
| B         | Typisches, diskontinuierliches Atemgeräusch                |
| C         | Typisches, kontinuierliches Atemgeräusch                   |
| D         | Typisches Atemgeräusch und andere, atypische Atemgeräusche |
| E         | Andere, atypische Atemgeräusche                            |

Als typisch wurde ein Atemgeräusch klassifiziert, wenn es während der Inspiration auftrat, einen ton- oder ch-artigen Klangcharakter besaß und dabei ein hohes, tiefes oder auch gemischtes Frequenzspektrum aufwies. Als kontinuierlich wurden alle Geräusche bezeichnet, welche auf beiden Händen im Galopp, sowohl mit als auch ohne Ausbindung, durchgehend zu vernehmen waren.

Die endoskopische Untersuchung wurde in einem Untersuchungsstand oder der Box durchgeführt. Verwendet wurde ein flexibles Endoskop mit einer Länge von 130 cm und einem Durchmesser von 9,8 mm (Olympus PCF Typ 130I; Olympus Corporation, Tokio, Japan) mit einer Xenon-Lichtquelle und einem digitalen Prozessor (Olympus Exera CLV-160, Olympus Corporation, Tokio, Japan).

Die Pferde wurden von einer Hilfsperson mit einem Halfter am Kopf fixiert, bei einem Pferd wurde bei der Untersuchung ohne Sedation zusätzlich eine Oberlippenseilbremse als Zwangsmaßnahme verwendet. Von einer zweiten

Hilfsperson wurde das Endoskop über die rechte Nüster in den ventralen Nasengang eingeführt und so weit vorgeschoben, bis der Kehlkopf in seiner Gesamtheit bildfüllend zu betrachten war. Es wurde dann die Motilität des Kehlkopfes ohne Beeinflussung der Atmung, nach Induktion eines Schluckaktes durch Berührung der Kehlkopfschleimhaut mittels eines über den Arbeitskanal des Endoskops eingeführten flexiblen Katheters oder eines über diesen applizierten Wasserstrahls sowie nach nasaler Okklusion betrachtet und die endoskopische Untersuchung mit einem S-VHS-Recorder aufgezeichnet. Die Untersuchung wurde bei allen Probanden ohne Sedierung sowie 3-5 min nach intravenöser Injektion des Sedativums Detomidinhydrochlorid (Domosedan<sup>®</sup>; Pfizer GmbH, Karlsruhe, Germany) in einer Dosierung von 12-15 µg/kg KGW analog durchgeführt.

Die so erhaltenen Videoaufnahmen wurden anschließend digitalisiert und für jede Untersuchung mit Hilfe des Videobearbeitungsprogrammes MPEG-Wizzard (Womble Multimedia Inc., USA) eine etwa 2-3minütige Videosequenz erstellt, welche mindestens 1 Minute Atemzüge ohne Beeinflussung der Atmung, mindestens einen Schluckakt sowie die nasale Okklusion enthalten musste. Die geschnittenen Videos wurden verblindet. Die verblindeten Videoaufnahmen der Ruheendoskopie wurden zur Objektivierung der Ergebnisse von 3 Untersuchern unabhängig voneinander bewertet. Es wurden die für die Beurteilung der Kehlkopffunktion relevanten Aspekte des Bewertungsschemas von DUCHARME (2005) (Tab. 11) erfasst, nämlich eine Asymmetrie und Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, ein Flattern oder Zittern des betroffenen Stellknorpels und die Fähigkeit die volle Abduktion beider Stellknorpel nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken zu erreichen und zu halten. Anschließend wurden die Probanden von den Untersuchern anhand ihrer Befunde nach dem von DUCHARME (2005) vorgestellten Schema vor und nach Sedierung graduiert. Weiterhin fand eine Beurteilung in Anlehnung an das Bewertungsschema von OHNESORGE (1990) statt. Hierfür wurden Ungleichmäßigkeiten in den Bewegungen der beiden Aryknorpel, welche die Hauptursache für das Entstehen eines asymmetrischen Kehlkopfbildes darstellen, als Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels aufgenommen. Eine Quantifizierung dieser Abduktionsverminderung erfolgte jeweils im Verhältnis zur rechten Seite (Tab. 12).

Tab. 11: Bewertungsschema der Kehlkopffunktion anhand ruheendoskopischer Befunde nach DUCHARME (2005)

| Grad | Definition  | Untergrad | Definition   |
|------|---|-----------|--|
| I    | Alle Bewegungen der Aryknorpel sind synchron und symmetrisch und vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden               |           |  |
| II   | Bewegungen der Aryknorpel sind zeitweise asynchron und/oder asymmetrisch, aber vollständige Abduktion kann erreicht und gehalten werden | .A        | Vereinzelte asynchrone und/oder asymmetrische Bewegungen   |
|      |   | .B        | Asymmetrie und/oder Asynchronie der meisten Bewegungen der Aryknorpel, volle Abduktion wird aber typischerweise nach dem Schluckakt oder nasaler Okklusion erreicht und gehalten |
| III  | Bewegungen der Aryknorpel 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, volle Abduktion wird nie erreicht  |
|      |   | .C        | Sehr deutliche Asymmetrie, nur sehr geringe Beweglichkeit des betroffenen Aryknorpels  |
| IV   | Vollständige Unbeweglichkeit des betroffenen Aryknorpels  |           |  |

Da bei einem Probanden die Abduktionsverminderung während einer Laryngoskopie in ihrer Stärke variieren kann, und die Schweregrade dabei unterschiedlich häufig auftreten können wurde bei vereinzeltm Auftreten einer Merkmalsausprägung ihr Wert mit 1, bei überwiegendem Auftreten mit 2 und bei ausschließlichem Auftreten mit 3 multipliziert wurde. Bei gleichhäufigem Auftreten mit einer anderen Merkmalsausprägung wurden beide Werte mit 1,5 multipliziert. Die so für die aufgetretenen Schweregrade ermittelten Einzelwerte ergeben in der Addition die Quantität der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen in Scorepunkten, welche vor und nach Sedierung bei nicht stimulierter und durch nasale Okklusion stimulierter Atmung bewertet wurde. So erhält zum Beispiel ein Pferd, welches überwiegend keine Abduktionsverminderung (Wert 1) und vereinzelt eine Abduktionsverminderung  $< 1/3$  (Wert 2) zeigt,  $2 \times 1 + 1 \times 2 = 4$  Scorepunkte (Bsp.2). Es wurde jeweils aus den 3 pro

Pferd abgegebenen Beurteilungen der Untersucher der Mittelwert gebildet und dieser als Ergebnis für die Stärke der Asymmetrie genutzt.

Tab. 12: Bewertungssystem für die Stärke der linksseitigen Abduktionsverminderung in Scorepunkten (SP)

|        | Häufigkeit des Auftretens | Abduktionsverminderung |               |               |               | SP |
|--------|---------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|----|
|        |                           | keine ( Wert 1)        | <1/3 (Wert 2) | <2/3 (Wert 3) | >2/3 (Wert 4) |    |
| Bsp. 1 | ausschließlich (x3)       | X                      |               |               |               | 3  |
| Bsp. 2 | überwiegend (x2)          | X                      |               |               |               | 4  |
|        | vereinzelt (x1)           |                        | X             |               |               |    |
| Bsp. 3 | vereinzelt (x1)           | X                      |               |               |               | 5  |
|        | überwiegend (x2)          |                        | X             |               |               |    |
|        | ⋮                         | ⋮                      | ⋮             | ⋮             | ⋮             | ⋮  |
| Bsp. 4 | vereinzelt (x1)           |                        |               | X             |               | 11 |
|        | überwiegend (x2)          |                        |               |               | X             |    |
| Bsp. 5 | ausschließlich (x3)       |                        |               |               | X             | 12 |

Die Belastungsendoskopie wurde auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband Kagra Mustang 2200 (Graber AG; Fahrwangen, Schweiz) der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt. Alle Probanden wurden vor der Endoskopie in 2 bis 5 Trainingseinheiten in den Grundgangarten an das Laufband gewöhnt. Zur Examinierung wurden die Probanden nach einem standardisierten Protokoll belastet. Dieses setzte sich zusammen aus einer 8minütigen Aufwärmphase, bestehend aus 5 Minuten Schritt bei 1,8 m/s, 2 Minuten Trab bei 3,6 m/s und 1 Minute Galopp bei 7,6 m/s, gefolgt von einem Stopp des Laufbandes zum Einführen des Endoskops, anschließender 3minütiger Belastung im Galopp bei 7,6 m/s, dabei Aufzeichnung des endoskopischen Bildes, danach erneuter Stopp des Laufbandes zur Entfernung des Endoskops. Nach der Entfernung des Endoskops wurde das Band umgehend wieder gestartet und die Probanden für 5 Minuten im Trab bei 3,6 m/s, für 2 Minuten im Galopp bei 7,6 m/s und dann wiederum 5 Minuten

im Trab (3,6 m/s), 2 Minuten im Galopp (7,6 m/s) und noch einmal 5 Minuten im Trab (3,6 m/s) belastet. Anschließend wurde das Laufband erneut zum Einführen des Endoskops gestoppt, nach Fixierung von diesem noch einmal für 3 Minuten auf 7,6 m/s beschleunigt und das endoskopische Bild wiederum aufgezeichnet. Zur Examinierung wurde den Probanden, gezäumt mit einer Trense mit englisch kombinierten Reithalter, nach der Aufwärmphase das Endoskop von einer Hilfsperson über die rechte Nüster in den ventralen Nasengang eingeführt, bis auf Höhe der beiden Luftsackklappen vorgeschoben, so dass Pharynx und Larynx in toto zu betrachten waren, und dann mit an Endoskop und Sperrriemen der Trense befestigtem selbstklebendem Klettband fixiert. Benutzt wurde ein flexibles Endoskop mit einer Länge von 160 cm und einem Durchmesser von 9,8 mm (ETM Videotuning; Dr. Fritz GmbH, Tuttlingen, Germany) in Verbindung mit einer Xenon-Lichtquelle und einem digitalen Prozessor (ETM Eurolight Xenon-Praxis/ETM Eurocam pro; Dr. Fritz GmbH, Tuttlingen, Germany). Die mittels eines S-VHS-Recorders aufgezeichneten Endoskopiesequenzen, zwei pro Proband, je eine am Anfang und Ende der Laufbandbelastung, wurden nach erfolgter Digitalisierung von den 3 Untersuchern gemeinsam betrachtet, die Funktion der oberen Atemwege bewertet und im Verlauf der Belastung aufgetretene Veränderungen aufgezeigt. Die Videos wurden mit dem Videobearbeitungsprogramm MPEG-Wizzard (Womble Multimedia Inc., USA) sowohl in Echtzeit als auch in Slow-Motion bei halber Originalgeschwindigkeit betrachtet. Die Erhebung der Befunde erfolgte schwerpunktmäßig deskriptiv, erfasst wurden dabei Bewegungsstörungen aller Strukturen der oberen Atemwege, welche von einem dynamischen Kollaps betroffen sein können. Dies sind die Stellknorpel, die Stimmfalten, die Plicae aryepiglotticae, die Epiglottis, das Rachendach, die lateralen Rachenwände und das Gaumensegel.

## 5.3 Ergebnisse

### 5.3.1 Ruheendoskopie

Die für die Pferde anhand ihrer Befunde in der Ruheendoskopie nach dem modifizierten 4-Grad-Schema zur Bewertung der Kehlkopffunktion (DUCHARME 2005) vor und unter Sedierung vergebenen Grade sind in Tabelle 12 dargestellt. Ihnen gegenübergestellt ist die in Scorepunkten quantifizierte Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung, die während der Belastung an der Longe festgestellte Atemgeräuschkategorie und das Auftreten eines dynamischen Larynxkollapses unter Belastung.

Tab. 12: Ruheendoskopische Befunde, Atemgeräusche und Larynxkollaps

| Pferdenr. | vor Sedierung |        |         | unter Sedierung |      |       | AG | DLK<br>0' | DLK<br>25' |
|-----------|---------------|--------|---------|-----------------|------|-------|----|-----------|------------|
|           | AV_nst        | AV_st  | Grad    | AV_NS           | AV_S | Grad  |    |           |            |
| 1         | 3             | 3      | 1       | 4               | 3    | 2A    | A  |           |            |
| 2         | 3             | 3      | 1       | 4               | 3    | 2A    | D  |           |            |
| 3         | 3             | 3      | 1       | 6               | 4    | 2B    | B  |           |            |
| 4         | 6 (re)        | 6 (re) | 3B (re) | 7               | 4    | 2B    | C  | P (re)    | P (re)     |
| 5         | 4             | 4      | 2A      | 4               | 3    | 2A    | A  |           |            |
| 6         | 4             | 4      | 2A      | 5               | 4    | 2B    | A  |           |            |
| 7         | 5             | 3      | 2B      | 5               | 4    | 2B    | A  |           |            |
| 8         | 5             | 4      | 2B      | 7               | 6    | 2B    | A  |           |            |
| 9         | 5             | 3      | 2B      | 6               | 5    | 2B/3A | A  |           |            |
| 10        | 5             | 5      | 2B      | 6               | 5    | 2B/3A | C  |           |            |
| 11        | 5             | 3      | 2B      | 6               | 6    | 3B    | A  |           |            |
| 12        | 8             | 6      | 2B/3A   | 9               | 9    | 3A/3B | C  |           |            |
| 13        | 9             | 9      | 2B/3A   | 9               | 9    | 3A/3B | B  | P (li)    | P (li)     |
| 14        | 6             | 8      | 3A      | 10              | 11   | 3B    | D  | P (li)    | P+ (li)    |
| 15        | 6             | 7      | 3B      | 5               | 6    | 3B    | C  | P (li)    | P+ (li)    |
| 16        | 8             | 8      | 3B      | 12              | 10   | 3B    | C  | P (li)    | P+ (li)    |

AV: Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels; bei \_nst = nicht stimulierter, \_st = stimulierter Atmung in Scorepunkten, (re) = Abduktionsverminderung des rechten Stellknorpels

Grad: Graduierung der Kehlkopffunktion nach DUCHARME (2005)

AG: Atemgeräuschkategorie; A = kein, B = typisches, diskontinuierliches, C = typisches, kontinuierliches, D = typisches und atypisches Atemgeräusch

DLK 0' bzw. 25': Dynamischer Larynxkollaps zu Beginn bzw. am Ende der Belastung  
P = partieller Larynxkollaps, P+ = partieller Larynxkollaps verstärkt, (li)/(re) = linker bzw. rechter Stellknorpel betroffen

Wie aus der Tabelle erkennbar war bei 2 Pferden vor und 4 Pferden unter Sedierung die eindeutige Bewertung mit einem Grad nach DUCHARME (2005) nicht möglich, da die Probanden phasenweise ein unterschiedliches Abduktionsverhalten nach dem Schluckakt zeigten. So konnten 2 Pferde vor und 2 Pferde unter Sedierung die volle Abduktion des linken Stellknorpels teilweise erreichen und halten, sie teilweise aber auch nur erreichen und nicht halten (Grad 2B/3A). Diese Pferde stellten Zweifelsfälle dar. 2 Pferde konnten unter Sedierung die vollständige Abduktion teilweise erreichen, aber nicht halten und sie teilweise gar nicht erreichen (Grad 3A/3B). 11 Pferde wurden unter Sedierung mit einem höheren Grad beurteilt, während 5 Pferde vor und unter Sedierung mit dem gleichen Grad beurteilt wurden. Alle 3 Pferde mit vollkommen symmetrischen und synchronen Kehlkopfbewegungen vor Sedierung zeigten unter Sedierung vereinzelt oder ausschließlich asymmetrische und/oder asynchrone Stellknorpelbewegungen bei erhaltener Fähigkeit zur vollständigen Abduktion. 2 Pferde, die vor Sedierung nach Beurteilung der Untersucher den linken Stellknorpel vollständig abduzieren und diese Position auch halten konnten (Grad 2B), wurden unter Sedierung als Zweifelsfälle bewertet (Grad 2B/3A). 2 Pferde, welche vor Applikation des Sedativums als Zweifelsfälle beurteilt wurden (Grad 2B/3A), konnten unter Sedierung nach Ansicht der Untersucher die vollständige Abduktion des linken Stellknorpels alternierend erreichen, aber nicht halten, oder sie gar nicht mehr erreichen (Grad 3A/3B). Ein Pferd, das nach Beurteilung der Untersucher vor Sedierung die volle Abduktion des linken Aryknorpels erreichen und halten konnte (Grad 2B), konnte sie unter Sedierung nicht mehr erreichen (Grad 3B). Bei einem Pferd (Nr. 4) wurde vor Sedierung eine dauerhafte Abduktionsverminderung des rechten Aryknorpels festgestellt, die volle Abduktion des rechten Aryknorpels konnte im Vergleich zum linken nicht erreicht werden. Nach Sedierung aber wurde bei diesem Pferd eine Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung bei erhaltener Fähigkeit zur vollen Abduktion beider Aryknorpel nach dem Schluckakt festgestellt.

Bei 12 Pferden wurde die Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels bei nicht stimulierter Atmung unter Sedierung als verstärkt bewertet, wobei die Verstärkung bei 8 dieser Pferde nur 1-2 Scorepunkte betrug, während sie bei nur einem Pferd 3

und bei 3 Pferden 4 Scorepunkte betrug. Bei 3 Pferden wurde die Abduktionsverminderung unter Sedierung gleich und bei 1 Probanden geringer beurteilt. Bei stimulierter Atmung wurde die Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels unter Sedierung bei 9 Pferden als verstärkt beurteilt, wobei die Verstärkung bei 4 Pferden einen, bei 2 Pferden 2 und 3 Pferden 3 Scorepunkte betrug. Bei 4 Pferden wurde die Abduktionsverminderung unter Sedierung gleich und bei 3 Probanden geringer bewertet.

Vergleicht man die vergebenen Grade mit den Bewertungen der Stärke einer Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels bei durch nasale Okklusion stimulierter Atmung, so ist zu erkennen, dass bei allen Pferden mit einem Grad 2B oder besser, ausgenommen bei einem Pferd vor und einem Pferd unter Sedierung, keine oder nur vereinzelt eine geringgradige Abduktionsverminderung festgestellt werden konnte. Bei allen Pferden mit einem Grad 2B/3A oder schlechter wurde von den Untersuchern sowohl vor als auch unter Sedierung eine überwiegende oder ausschließliche Abduktionsverminderung des betroffenen Stellknorpels festgestellt.

## 5.3.2 Laufbandendoskopie

Die im Rahmen der laufbandendoskopischen Untersuchung erhobenen Befunde sind für die Pferde ohne Atemgeräusch in Tabelle 13a und die Pferde mit einem Atemgeräusch in Tabelle 13b dargestellt.

Tab. 13a: Befunde der Laufbandendoskopie bei Pferden ohne Atemgeräusch

| Nr. | Befunde (A: Anfang, B: Ende der Belastung) |   |     |   |        |          |      |   |      |    |     |   |   |
|-----|--|---|-----|---|--------|----------|------|---|------|----|-----|---|---|
|     | ACC  |   | VCC |   | eAAK   |          | ADAF |   | PRC  |    | PWC |   |   |
|     | A  | E | A   | E | A      | E        | A    | E | A    | E  | A   | E |   |
| 1   |  |   |     |   |        |          |      |   | re++ |    |     |   |   |
| 5*  |  |   |     |   |        | li, re   |      |   |      |    |     | + | + |
| 6   |  |   |     |   | li, re | li+, re+ |      |   |      | ++ | ++  |   |   |
| 7   |  |   |     |   | li, re | li+, re  |      |   |      | +  | +   |   |   |
| 8   |  |   |     |   | li, re | li+, re+ |      |   |      |    |     |   |   |
| 9   |  |   |     |   | li     | li, re   |      |   |      | ++ | ++  |   |   |
| 11  |  |   |     |   |        |          |      |   |      | +  | ++  |   |   |

li = links, re = rechts

ACC = Aryknorpelkollaps

VCC = Stimmfaltenkollaps

eAAK = Exspiratorisches Absenken der Aryknorpel, + = Absenkung verstärkt

ADAF (engl. Axial Deviation of the Aryepiglottic Fold) = Axiale Deviation der Plica Aryepiglottica, + = axiale Deviation bis an das Stimmband, ++ = axiale Deviation über das Stimmband hinaus

PRC (engl. Pharyngeal Roof Collapse) = Kollaps bzw. Absenkung des Pharynxdaches, + = Absenkung bis an den proximalen Rand der Aryknorpel, ++ = Absenkung bis an den distalen Rand der Aryknorpel

PWC (engl. Pharyngeal Wall Collapse) = Kollaps bzw. Einwärtsbewegung der Rachenwände, + = Einwärtsbewegung bis an den Rand der Epiglottis

\* = Pferd 5: Instabilität des kaudalen Gaumensegels und Dorsalverlagerung des Gaumensegels am Anfang der Belastung, am Ende der Belastung nur noch geringe Instabilität des kaudalen Gaumensegels

Tab. 13b: Befunde der Laufbandendoskopie bei Pferden mit Atemgeräusch

| Nr. | Befunde (A: Anfang, B: Ende der Belastung) |      |        |        |        |          |      |      |     |    |     |   | AG |   |
|-----|--|------|--------|--------|--------|----------|------|------|-----|----|-----|---|----|---|
|     | ACC  |      | VCC    |        | eAAK   |          | ADAF |      | PRC |    | PWC |   |    |   |
|     | A  | E    | A      | E      | A      | E        | A    | E    | A   | E  | A   | E |    |   |
| 2   |  |      |        |        |        |          |      |      |     | +  | +   |   |    | D |
| 3   |  |      |        |        | li, re | li+, re+ |      |      |     |    |     |   |    | B |
| 4   | re+  | re+  |        |        | re     | li, re+  |      |      |     |    |     |   |    | C |
| 10  |  |      |        |        |        |          | re+  | re++ | ++  | ++ | +   | + |    | C |
| 12  |  |      |        |        |        |          |      |      | +   | ++ |     |   |    | C |
| 13  | li+  | li+  |        |        | li     | li+, re  |      |      | +   | +  |     |   |    | B |
| 14  | li+  | li++ |        | li     |        |          |      |      |     |    |     |   |    | D |
| 15  | li   | li+  | li, re | li, re |        |          | re+  | re++ |     |    |     |   |    | C |
| 16  | li   | li+  |        | li     | li, re | li+, re+ |      |      | ++  | ++ |     |   |    | C |

li = links, re = rechts

ACC = Aryknorpelkollaps, + = partieller Kollaps, ++ = partieller Kollaps verstärkt

VCC = Stimmfaltenkollaps

eAAK = Exspiratorisches Absenken der Aryknorpel, + = Absenkung verstärkt

ADAF (engl. Axial Deviation of the Aryepiglottic Fold) = Axiale Deviation der Plica aryepiglottica, + = axiale Deviation bis an das Stimmband, ++ = axiale Deviation über das Stimmband hinaus

PRC (engl. Pharyngeal Roof Collapse) = Kollaps bzw. Absenkung des Pharynxdaches, + = Absenkung bis an den proximalen Rand der Aryknorpel, ++ = Absenkung bis an den distalen Rand der Aryknorpel

PWC (Pharyngeal Wall Collapse) = Kollaps bzw. Einwärtsbewegung der Rachenwände, + = Einwärtsbewegung bis an den Rand der Epiglottis

AG: Atemgeräuschkategorie; B = typisches, diskontinuierliches Atemgeräusch, C = typisches, kontinuierliches Atemgeräusch, D = typisches und atypisches Atemgeräusch

Bei 5 Pferden konnte bei der endoskopischen Untersuchung auf dem Laufband ein partieller dynamischer Aryknorpelkollaps festgestellt werden, d.h. der betroffene Stellknorpel wurde in einer submaximal abduzierten Position stabil gehalten. Betroffen war bei 4 Pferden der linke Stellknorpel und bei nur einem Pferd der rechte Stellknorpel. Bei allen 5 Probanden war der Aryknorpelkollaps schon bei der ersten Endoskopie zu Beginn der Belastung festzustellen. Bei der zweiten Endoskopie am

Ende der Belastung wurde bei 3 der 5 Pferde eine Verstärkung des Kollapses festgestellt, welcher aber weiterhin partiell blieb, sich also nicht zum vollständigen Kollaps entwickelte. Alle Pferde mit einem dynamischen Aryknorpelkollaps konnten in der ruheendoskopischen Untersuchung die volle Abduktion des linken Stellknorpels nicht halten oder gar nicht erreichen. Hingegen wurde bei 2 Pferden, die unter Sedierung als Zweifelsfälle bewertet wurden und einem Pferd, das vor Sedierung als Zweifelsfall beurteilt wurde und unter Sedierung die volle Abduktion nicht halten bzw. nicht erreichen konnte, kein Aryknorpelkollaps unter Belastung festgestellt. Alle Pferde mit einem dynamischen Aryknorpelkollaps zeigten auch ein typisch-tonartiges Atemgeräusch.

Ein dynamischer Stimmfaltenkollaps konnte bei 3 Pferden festgestellt werden. Bei einem Pferd wurde ein Kollaps des linken und rechten Stimmbandes in Kombination mit einem partiellen linksseitigen Aryknorpelkollaps sowohl bei der ersten als auch der zweiten Endoskopie unter Laufbandbelastung diagnostiziert. Ein Abduktionsdefizit des rechten Aryknorpels wurde bei diesem Pferd nicht festgestellt. Bei den anderen beiden Pferden kollabierte nur das linke Stimmband während der zweiten Endoskopie in Kombination mit einem im Vergleich zur ersten Endoskopie verstärkten linksseitigen Aryknorpelkollaps.

Ein expiratorisches Absenken der Aryknorpel konnte bei insgesamt 9 der 16 untersuchten Pferde festgestellt werden. Während der ersten Endoskopie konnte ein expiratorisches Absenken beider Aryknorpel bei 5 Pferden, nur des linken Aryknorpels bei 2 Pferden und nur des rechten Aryknorpels bei einem Pferd diagnostiziert werden. Während der zweiten Laufbandendoskopie konnte bei 9 Pferden eine Absenkung beider Stellknorpel festgestellt werden. Bei 7 Pferden wurde eine Verstärkung der bereits während der ersten Endoskopie bestehenden Absenkung festgestellt. Alle Pferde, bei denen ein Absenken nur eines Aryknorpels während der ersten Endoskopie festgestellt wurde, zeigten ein Absenken beider Aryknorpel während der zweiten endoskopischen Untersuchung auf dem Laufband. 7 Pferde zeigten eine dauerhafte Abduktion, d. h. bei ihnen konnte sowohl bei der

ersten als auch der zweiten Endoskopie auf dem Laufband kein expiratorisches Absenken der Aryknorpel festgestellt werden.

Bei 3 Pferden wurde eine axiale Deviation der Plica aryepiglottica festgestellt. Bei zwei Pferden war die Diagnose bereits während der ersten laufbandendoskopischen Untersuchung zu stellen, während bei einem Probanden die Deviation erst während der zweiten Endoskopie am Ende der Laufbandbelastung auftrat. Bei allen 3 Pferden war nur die rechte Plica aryepiglottica betroffen. Bei den 2 Pferden, welche die Deviation schon zu Beginn der Laufbandbelastung zeigten, wurde während der ersten Endoskopie eine Deviation bis an das Stimmband und während der zweiten Endoskopie eine Deviation bis über das Stimmband hinaus festgestellt. Es kam also während der Belastung zu einer Verstärkung der Bewegungsanomalie. Das dritte Pferd zeigte eine Deviation der Plica aryepiglottica bis über das Stimmband hinaus nur während der zweiten Endoskopie.

Ein Kollaps bzw. ein Absenken des Rachendaches konnte bei den endoskopischen Untersuchungen sowohl zu Beginn als auch am Ende der Belastung bei 9 Pferden festgestellt werden, während bei 7 Pferden am Dach des Pharynx keine Absenkung diagnostiziert wurde. Während der ersten bzw. zweiten Endoskopie wurde bei 5 bzw. 3 Pferden eine Absenkung bis an den proximalen Rand und bei 4 bzw. 6 Pferden eine Absenkung bis über den proximalen Rand der Aryknorpel festgestellt. Die Absenkung wurde also bei 2 der 9 Pferde am Ende der Belastung als verstärkt beurteilt.

Eine Einwärtsbewegung der lateralen Rachenwände konnte sowohl während der ersten als auch der zweiten Endoskopie auf dem Laufband nur bei 2 Pferden festgestellt werden. Die Bewegungsamplitude war dabei sehr gering und reichte maximal bis an den Rand der Epiglottis.

Bei einem Pferd wurde während der endoskopischen Untersuchung zu Beginn der Laufbandbelastung eine Instabilität des kaudalen Gaumensegels festgestellt, welche

sich in wellenartigen Bewegungen des weichen Gaumens äußerte. Die Wellenbewegungen verstärkten sich über mehrere Galoppsprünge bzw. Atemzüge, woraufhin eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels auftrat, die über mehrere Atemzüge bestand und dann reponiert wurde. Dieses Bewegungsmuster des Gaumensegels konnte mehrmals während dieser ersten Endoskopie beobachtet werden. Es war bei diesem Pferd, auch während der Dorsalverlagerung des weichen Gaumens, kein Atemgeräusch festzustellen. Während der zweiten Endoskopie am Ende der Belastung war die Instabilität des kaudalen Gaumensegels nur noch in abgeschwächter Form zu beobachten, eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels trat nicht mehr auf.

### 5.3.3 Atemgeräusche

9 der in dieser Studie untersuchten Pferde zeigten ein Atemgeräusch, dass bei 2 Pferden typisch und diskontinuierlich sowie bei 5 Pferden typisch und kontinuierlich war, während bei 2 Pferden ein typisches Atemgeräusch in Verbindung mit atypischen Atemgeräuschen festgestellt wurde. Bei 5 der 9 Pferde mit Atemgeräusch wurde ein partieller Aryknorpelkollaps festgestellt, der bei einem Pferd in Kombination mit einem beidseitigen Stimmfaltenkollaps und einer Deviation der rechten Plica aryepiglottica während beider Endoskopien und bei 2 Pferden in Verbindung mit einem linksseitigen Stimmfaltenkollaps während der zweiten Endoskopie auftrat. Bei einem Pferd mit typischem Atemgeräusch konnte während beider Endoskopien eine Deviation der rechten Plica aryepiglottica festgestellt werden. Bei 3 Pferden mit typischem Atemgeräusch konnte während beider Endoskopien lediglich ein expiratorisches Absenken der Aryknorpel und/oder ein geringgradiges Absenken des Rachendaches oder eine geringgradige Einwärtsbewegung der Rachenwände diagnostiziert werden. In der Ruheendoskopie konnte bei nicht stimulierter Atmung vor bzw. unter Sedierung bei 3 Pferden bzw. keinem Pferd keine, bei keinem bzw. einem Pferd vereinzelt eine, bei je einem Pferd überwiegend eine und bei 5 bzw. 7 Pferden dauerhaft eine Abduktionsverminderung

des linken Stellknorpels festgestellt werden. Bei durch nasale Okklusion stimulierter Atmung wurde vor bzw. unter Sedierung bei 3 Pferden bzw. einem Pferd keine, bei keinem Pferd bzw. einem Pferd nur vereinzelt eine, bei je einem Pferd überwiegend und je 5 Pferden ausschließlich eine linksseitige Abduktionsverminderung festgestellt. Vor Sedierung konnten nur 3 und unter Sedierung nur 2 Pferde mit einem Atemgeräusch die volle Abduktion des linken Aryknorpels erreichen und halten.

Bei einem der 7 Pferde ohne Atemgeräusch konnte während der Endoskopie am Ende der Laufbandbelastung eine Deviation der Plica aryepiglottica festgestellt werden und bei einem anderen Pferd ohne Atemgeräusch wurde während der ersten Endoskopie eine Instabilität des kaudalen Gaumensegels und eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels diagnostiziert. Bei den anderen Pferden konnte lediglich ein expiratorisches Absenken der Aryknorpel und/oder ein Absenken des Rachendaches oder eine Einwärtsbewegung der Rachenwände diagnostiziert werden. In der Ruheendoskopie konnte bei nicht stimulierter Atmung vor bzw. unter Sedierung bei einem bzw. keinem Pferd keine, bei jeweils 2 Pferden vereinzelt, bei 4 bzw. 2 Pferden überwiegend und bei 0 bzw. 3 Pferden dauerhaft eine Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels festgestellt werden. Bei durch nasale Okklusion stimulierter Atmung wurde vor bzw. unter Sedierung bei allen bzw. 4 Pferden keine oder nur vereinzelt eine linksseitige Abduktionsverminderung festgestellt, während unter Sedierung bei einem Pferd überwiegend und bei 2 Pferden ausschließlich eine Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels zu diagnostizieren war. Vor Sedierung konnten alle und unter Sedierung alle bis auf 2 Pferde ohne Atemgeräusch die volle Abduktion des linken Aryknorpels erreichen und halten.

## 5.4 Diskussion

### 5.4.1 Diskussion der Methode

Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband auf die Funktion der oberen Atemwege beim Pferd zu untersuchen. Weiterhin sollte eine Gegenüberstellung der Kehlkopffunktion in Ruhe vor und unter Sedierung sowie unter Belastung erfolgen. Entsprechend wurden in der vorliegenden Arbeit die Kehlkopfmotilität im Rahmen einer Blindstudie mit 3 unabhängigen Untersuchern bei den 16 untersuchten Pferden sowohl vor als auch nach Verabreichung des Sedativums Detomidin bewertet, um den Einfluss der Sedierung auf die Kehlkopfbeweglichkeit zu evaluieren. Das verwendete Sedativum aus der Gruppe der  $\alpha$ 2-Adrenozeptor-Agonisten wurde dabei in einer Dosierung von 12-15  $\mu$ g/kg KGW bei i.v. Applikation verwendet, was so auch von RICKETTS (1986), OHNESORGE et al. (1991) und LINDEGAARD et al. (2007) in ihren laryngoskopischen Studien praktiziert wurde. Die endoskopische Untersuchung unter Sedierung wurde 3-5 Minuten nach Verabreichung des Medikaments durchgeführt. Diese Zeitspanne reichte aus, um bei allen Probanden die von OHNESORGE et al. (1991) beschriebenen äußeren Anzeichen einer Sedierung, nämlich des Senken des Kopfes und das Herabhängen der Unterlippe und der Augenlider, hervorzurufen. Durch die Verblindung der Videos, welche von einer nicht an der Auswertung des Materials beteiligten Person durchgeführt wurde, und die durch die 3 Untersucher unabhängig voneinander vorgenommene Evaluierung wurde eine hohe Objektivität der Ergebnisse dieser Studie erreicht. Durch die anschließende Mittelwertbildung konnte eine möglichst genaue Beurteilung der tatsächlichen Stärke einer Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels erreicht werden. Durch die Beurteilung nach dem Graduierungssystem von DUCHARME (2005) und in Anlehnung an das Schema von OHNESORGE (1990) wurden alle international gebräuchlichen Aspekte der Kehlkopffunktion im Rahmen der ruheendoskopischen Untersuchung erfasst. Die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion wurde nach dem Schluckakt bewertet, da dieser, wie in Teil A dieser Arbeit gezeigt, im Vergleich zur nasalen Okklusion eine wirksamere Methode zur Auslösung der vollständigen Abduktion darstellt.

Die laufbandendoskopische Untersuchung wurde im Rahmen einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband durchgeführt. Die erste 3minütige Endoskopie fand dabei direkt nach einer nur kurzen Aufwärmphase statt, um die Funktion der oberen Atemwege unter Belastung bei noch nicht ermüdeter Muskulatur zu bewerten. Die zweite Endoskopie wurde 19 Minuten nach der ersten Endoskopie durchgeführt, um den Einfluss einer längerfristigen Belastung auf die Strukturen der oberen Atemwege zu evaluieren und eine evtl. auftretende Ermüdung, insbesondere der Kehlkopfmuskulatur, festzustellen. Die Belastung wurde dabei mit wechselnden Trab- und Galoppphasen der normalen Arbeitsbelastung eines Warmblutpferds angepasst, Schrittphasen wurden nicht eingelegt, um den Probanden keine die Ergebnisse beeinflussende Erholung zu ermöglichen. Die Geschwindigkeit im Trab entspricht mit 3,6 m/s dem üblichen Tempo des Pferdes im Arbeitstrab. Die für den Galopp gewählte Geschwindigkeit von 7,6 m/s liegt deutlich über dem im Arbeitsgalopp erreichten Tempo von 5 bis 5,5 m/s. Sie wurde gezielt höher angesetzt, um zum einen das auf dem Laufband fehlende Reitergewicht und die fehlende Beizäumung auszugleichen. Zum anderen werden sowohl in Dressurprüfungen im Mittelgalopp und starken Galopp als auch vor allem in Spring- und Geländeprüfungen im Galopp auch längerfristig Geschwindigkeiten geritten, die über den im Arbeitsgalopp erreichten liegen. Diesem Sachverhalt wurde mit der auf Mittelgalopfniveau liegenden Galoppgeschwindigkeit in dieser Arbeit verwendeten Belastungsprotokoll Rechnung getragen. Die Nutzung von oder ein Vergleich mit Belastungsprotokollen anderer laufbandendoskopischer Studien (MORRIS u. SEEHERMANN 1990; RAKESTRAW et al. 1991; PARENTE 1995; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006) ist nicht möglich, da sie fast ausnahmslos mit Trab- oder Galopprennpferden durchgeführt wurden.

## 5.4.2 Diskussion der Ergebnisse

### 5.4.2.1 Ergebnisse der Ruheendoskopie

Unter Sedierung wurde die Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels bei nicht stimulierter Atmung bei der Mehrzahl der Probanden als verstärkt beurteilt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten aus Teil A dieser Arbeit, wo nämlich aus den Bewertungen der 3 Untersucher ebenfalls eine Verstärkung der Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung zu erkennen war, welche aber nur bei einem Untersucher das Signifikanzniveau erreichte. Auch ARCHER et al. (1991) konnten in ihrer Studie eine gesteigerte Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels nach Applikation von Xylazin feststellen. In der Arbeit von LINDEGAARD et al. (2007) zeigten nach Sedierung mit Detomidin, in Abhängigkeit vom Untersucher, 5-11 von 42 untersuchten Pferden eine Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen, die vor Sedierung nicht bestand. Dies deckt sich mit den Resultaten der vorliegenden Studie, in der bei 3 Pferden eine Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen nur unter Sedierung auftrat. VALDES-VAZQUEZ et al. (1995) hingegen konnten in ihrer Studie nach Xylazinapplikation nur eine Verstärkung der Asynchronie, nicht aber der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen feststellen. Bei stimulierter Atmung wurde bei 9 Pferden nach Applikation des Sedativums Detomidin eine verstärkte Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels festgestellt. Bei 2 Pferden, bei denen keine oder nur bei einzelnen Atemzügen eine verminderte Abduktion des linken Stellknorpels vor Sedierung festgestellt wurde, wurde nach Sedierung eine dauerhafte Abduktionsverminderung festgestellt. Das bedeutet, dass diese Pferde die volle Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion nicht mehr erreichen konnten. Auch dieses Ergebnis deckt sich, zumindest partiell, mit den Ergebnissen aus Teil A, wo die Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels nach nasaler Okklusion nämlich signifikant verstärkt beurteilt wurde. Auch in der Studie von LINDEGAARD et al. (2007) konnten, in Abhängigkeit vom Untersucher, 3-7 der 42 untersuchten Pferde, welche die volle Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion vor Sedierung erreichen konnten, sie unter Sedierung nicht mehr erreichen. Die genannten Ergebnisse für die in Anlehnung an OHNESORGE (1990) bewertete Stärke einer linksseitigen Abduktionsverminderung

bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung spiegeln sich auch in den Bewertungen der Kehlkopffunktion nach DUCHARME (2005) wieder. 11 Pferde wurden hierbei unter Sedierung mit einem höheren Grad beurteilt, während nur 5 Pferde vor und unter Sedierung die gleiche Bewertung erhielten. 5 Pferde zeigten unter Sedierung eine Verschlechterung der Fähigkeit, die volle Abduktion nach dem Schluckakt zu halten oder sie überhaupt zu erreichen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von DUCHARME et al. (1991), die bei 10% der von ihnen untersuchten Pferde unter Sedierung einen Verlust der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Aryknorpels nach dem Schluckakt feststellen konnten. Die in dieser wie auch den anderen Studien gefundene Verstärkung einer Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels ist sicherlich nicht, wie von verschiedenen Autoren, die eine laryngoskopische Untersuchung unter Sedierung ablehnen, postuliert, allein auf die Wirkung des Sedativums zurückzuführen. Schon COOK et al. (1988) und COOK (1988b) merkten an, dass eine systemisch applizierte Substanz, wie zum Beispiel das Sedativum Detomidin, welches hauptsächlich über eine Bindung an Synapsen des zentralen Nervensystems agiert (FREY u. LÖSCHER 2007), eine gleichmäßige Wirkung auf beide Kehlkopfhälften besitzen muss und nicht selektiv die intrinsische Muskulatur des Kehlkopfes oder den Nervus laryngeus recurrens der linken Seite beeinflussen kann. Auch durch den in einer Längendifferenz von etwa 21 cm (COLE 1946) bestehenden anatomischen Unterschied des linken im Vergleich zum rechten Nervus laryngeus recurrens lässt sich die Veränderung der Abduktionsfähigkeit nicht erklären, da CURTIS et al. (2005) nachgewiesen haben, dass die Reizleitungszeit des rechten und linken rückläufigen Kehlkopfnerfs 0,06 und 0,07 Sekunden beträgt und durch eine Sedierung mit Detomidin die Reizleitungsgeschwindigkeit nicht beeinflusst wird. So erreicht ein Reiz sowohl vor als auch nach Applikation des Sedativums die Muskulatur der linken Kehlkopfhälfte mit der für das menschliche Auge nicht wahrnehmbaren Zeitverzögerung von 10 Millisekunden, was, wenn es wahrgenommen würde, auch nur eine Asynchronie, aber keine Asymmetrie oder ein Abduktionsdefizit erklären könnte. Weiterhin ist zu beachten, dass in dieser wie auch den anderen genannten Studien nur ein Teil der Pferde eine verstärkte Abduktionsverminderung unter Sedierung zeigt. Auch aufgrund dieses Ergebnisses

kann die bei einem Teil der Pferde nach Einsatz des Sedativums auftretende Abduktionsverminderung nicht allein als Einfluss des Medikaments und Artefakt bewertet werden, sondern es ist vielmehr anzunehmen, dass bei diesen Pferden eine Erkrankung des Kehlkopfes und seiner innervierenden Strukturen vorliegt. DUNCAN und GRIFFITHS (1973), DUNCAN et al. (1974), DEEGEN et al. (2000) und PIERCY et al. (2009) konnten in ihren Arbeiten nachweisen, dass auch in der Muskulatur der linken Kehlkopfhälfte von Pferden, welche klinisch und endoskopisch keine oder nur geringgradige Anzeichen einer Kehlkopflähmung aufwiesen, bei histopathologischer Untersuchung Veränderungen im Sinne einer neurogenen Muskelatrophie auftreten können. Entsprechend ist es denkbar, dass es sich bei den Pferden, bei welchen es zu einer Verschlechterung der Abduktionsfähigkeit unter Sedierung kommt, um Patienten mit einer subklinischen Form der distalen Axonopathie des linken Nervus laryngeus recurrens und konsekutiver neurogener Atrophie der Kehlkopfeigenmuskulatur handelt. Vor Sedierung sind dabei die noch intakten Muskelfasern der subklinisch fehlinnervierten Muskulatur in der Lage, eine für eine symmetrische bzw. vollständige Abduktion notwendige Kraft zu entwickeln, während nach Applikation des Sedativums Detomidin der nachgewiesene muskelrelaxierende Effekt des Medikaments (FREY u. LÖSCHER 2007) die intrinsische, abduzierende Muskulatur so weit schwächt, dass eine Abduktionsverminderung erst erkennbar oder aber verdeutlicht wird. Daraus kann man vermuten, dass die Pferde, welche nur nach Applikation des Sedativums eine Unfähigkeit zur vollen Abduktion zeigen, im Vergleich zu Pferden, die vor und unter Sedierung die volle Abduktion beider Stellknorpel erreichen können, zwar auch subklinisch, aber vielleicht mit einer ausgeprägteren Schädigung des Nervus laryngeus recurrens und der von ihm innervierten Muskulatur erkrankt sind. Da sich zudem durch die Sedierung die Bewegungsamplitude der Aryknorpel vergrößert (siehe Teil A) liefert eine zusätzliche endoskopische Untersuchung unter Sedation in der RLN-Diagnostik ergänzende Informationen zur Kehlkopffunktion. Zur korrekten Beurteilung der Bedeutung solcher Abduktionsverminderungen unter Sedierung sollte in laufbandendoskopischen Studien eine ausreichende Anzahl von Pferden mit entsprechenden Ruhebefunden untersucht werden. Bei der laufbandendoskopischen Untersuchung in dieser Studie

konnte bei keinem Pferd, bei welchem unter, nicht aber vor Sedierung, eine Unfähigkeit zur vollständigen Abduktion nach dem Schlucken festgestellt werden konnte, ein dynamischer Kollaps des betroffenen Stellknorpels beobachtet werden. Es ist daher zu vermuten, dass die hier untersuchten Pferde mit einer nur unter Sedierung auftretenden Abduktionsschwäche nach dem Schlucken unter Belastung zur vollständigen Abduktion beider Aryknorpel fähig und deshalb als nicht klinisch an der RLN erkrankt anzusehen sind. Durch die sehr kleine Zahl von Probanden mit entsprechenden Ruhebefunden in dieser Arbeit ist eine abschließende Beurteilung und die Übertragung der Ergebnisse auf die Gesamtpopulation der Pferde aber nicht sicher möglich.

Bei einem Pferd wurde vor Sedierung eine dauerhafte Abduktionsverminderung des rechten Aryknorpels, sowohl bei nicht stimulierter als auch stimulierter Atmung und nach dem Schlucken festgestellt. Unter Sedierung jedoch wurde bei diesem Probanden eine linksseitige Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung diagnostiziert, während eine gleichmäßige Abduktion beider Aryknorpel nach dem Schluckakt festgestellt wurde. Am wahrscheinlichsten ist, dass sich dieses Pferd in einem frühen Stadium einer linksseitigen RLN befindet. Hierbei kommt es nämlich initial zu einer Atrophie der adduzierenden Eigenmuskulatur der linken Kehlkopfhälfte. Bei noch unveränderter Kontraktionskraft der abduzierenden Muskulatur kann dann durch das gestörte Gleichgewicht zwischen der Kraft der Muskelgruppen das endoskopische Bild einer vermeintlich rechtsseitigen Abduktionsschwäche entstehen (OHNESORGE 1990). Für die Theorie spricht die unter Sedierung auftretende Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels. Aus den oben bereits diskutierten Gründen wird die subklinisch geschädigte abduktorische Muskulatur unter Sedierung wahrscheinlich so weit geschwächt, dass das scheinbare rechtsseitige Abduktionsdefizit nicht mehr erkennbar ist und stattdessen, zumindest bei nicht stimulierter Atmung, eine verminderte Abduktion des linken Stellknorpels zu erkennen ist. Dass ein solches Ungleichgewicht der ad- und abduzierenden linksseitigen Muskulatur aber als dauerhafte rechtsseitige Abduktionsschwäche auch nach dem Schlucken und während einer Laufbandbelastung zu erkennen ist, wurde bisher nicht beschrieben.

Vor Sedierung konnte 2 Pferden und unter Sedierung 4 Pferden kein eindeutiger Grad nach dem Beurteilungsschema von DUCHARME (2005) zugeteilt werden, da sie während einer Laryngoskopie alternierend eine unterschiedliche Fähigkeit zur vollständigen Abduktion zeigten. Von diesen Zweifelsfällen sind insbesondere die interessant, welche die volle Abduktion des linken Stellknorpels phasenweise erreichen und halten und phasenweise erreichen, aber nicht halten können (Grad 2A/3B). Bei diesen Patienten ist die Frage, ob sie klinisch an der RLN erkrankt sind, durch die ruheendoskopische Untersuchung nicht zu klären. Aber auch bei den Pferden, die durch ihr Abduktionsverhalten nach dem Schluckakt klar einem Grad zuzuordnen sind und bei denen deshalb nach internationaler Meinung eine sichere Aussage über den Krankheitszustand zu machen ist, sollte die Diagnose RLN mit Vorsicht gestellt werden. Zahlreiche laufbandendoskopische Studien (MORRIS u. SEEHERMANN 1990; RAKESTRAW et al. 1991; PARENTE 1995; HAMMER et al. 1998; MARTIN et al. 2000; TAN et al. 2005; LANE et al. 2006) haben nämlich gezeigt, dass Pferde, die eine Unfähigkeit zur vollen Abduktion nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken in der Ruheendoskopie zeigen, durchaus eine physiologische Kehlkopffunktion unter Belastung aufweisen können. Andererseits können Patienten mit einer unauffälligen Kehlkopffunktion in Ruhe unter Belastung einen dynamischen Aryknorpelkollaps entwickeln. Deshalb ist eine leichtfertige Beurteilung der Kehlkopfgesundheit beim Pferd anhand ruheendoskopischer Befunde zu vermeiden und insbesondere bei allen Zweifelsfällen eine Laryngoskopie unter Belastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband zu empfehlen.

#### 5.4.2.2 Ergebnisse der Laufbandendoskopie

Ein dynamischer Kollaps des Kehlkopfes kann, wie die Arbeiten von TAN et al. (2005) und LANE et al. (2006a) gezeigt haben, als isolierter Aryknorpelkollaps, isolierter Stimmfaltenkollaps oder einer Kombination aus beiden auftreten. Der linksseitige Aryknorpelkollaps wird dabei üblicherweise als dynamische Folge der Recurrent laryngeal neuropathie (RLN) angesehen (LANE et al. 2006a). Dabei ist aufgrund der Ergebnisse verschiedener Studien nach internationaler Meinung bei den Pferden, welche in der Ruheendoskopie die volle Abduktion des linken

Stellknorpels nicht halten oder gar nicht erreichen können, davon auszugehen, dass sie einen dynamischen Kollaps bzw. eine Abduktionsverminderung des betroffenen Stellknorpels unter Belastung entwickeln. Es zeigten nämlich in den Arbeiten von PARENTE (1995), HAMMER et al. (1998), MARTIN et al. (2000), TAN et al. (2005), LANE et al. (2006b) und Franklin et al. (2006) zwischen 82 und 100% der Pferde, die die vollständige Abduktion des linken im Vergleich zum rechten Stellknorpel nicht halten oder nicht erreichen konnten, einen Kollaps des betroffenen Stellknorpels unter Belastung, während von den Pferden ohne Abduktionsdefizit in der Ruheendoskopie nur wenige (0-26%) einen Kollaps unter Belastung entwickelten. Im Gegensatz dazu konnte in der Arbeit von RAKESTRAW et al. (1991) bei 5 von 6 Pferden mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion des linken Stellknorpels in Ruhe keine Abduktionsschwäche unter Belastung festgestellt werden, was nach Ansicht von HAMMER et al. (1998) auf die im Vergleich zu ihrer Studie geringere Belastungsintensität zurückzuführen sein könnte. In der hier vorliegenden Arbeit wurde bei 4 Pferden ein partieller linksseitiger und bei einem Pferd ein partieller rechtsseitiger Aryknorpelkollaps während der Laufbandendoskopie festgestellt. 4 Pferde zeigten dabei in der Ruheendoskopie vor und unter Sedierung eine dauerhafte Unfähigkeit zur vollen Abduktion des betroffenen Stellknorpels nach dem Schluckakt (Grad 3A/3B), während ein Pferd vor Sedierung vereinzelt noch die volle Abduktion erreichen und halten konnte und erst unter Sedierung eine dauerhafte Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels nach dem Schlucken festgestellt wurde. Bei keinem Pferd, das in der ruheendoskopischen Untersuchung die volle Abduktion beider Stellknorpel erreichen und halten konnte, wurde ein dynamischer Kollaps eines Stellknorpels festgestellt. Die Ergebnisse dieser Studie stimmen also mit den Resultaten der oben genannten Arbeiten im Hinblick auf den Vorhersagewert ruheendoskopischer Befunde, insbesondere der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion, für die Entwicklung eines dynamischen Aryknorpelkollaps unter Belastung überein. Es sollte aber, trotz des in dieser wie auch in anderen Arbeiten gefundenen hohen Vorhersagewertes der ruheendoskopischen Befunde, bedacht werden, dass nur durch die Laryngoskopie unter Belastungsbedingungen eine definitive Aussage über die Kehlkopffunktion gemacht werden kann.

Ein dynamischer Kollaps bzw. eine partielle oder vollständige Lähmung des rechten Stellknorpels ist deutlich seltener zu finden als eine linksseitige Kehlkopflähmung. So konnten LANE et al. (2006b) bzw. FRANKLIN et al. (2006) einen rechtsseitigen Stellknorpelkollaps bei nur 2 der 580 bzw. 97 von ihnen auf dem Laufband untersuchten Pferden feststellen. Als Ursache für die sehr seltene rechtsseitige Kehlkopflähmung wird im Unterschied zur meist idiopathischen linksseitigen Form in der überwiegenden Zahl der Fälle eine iatrogene oder andersartige traumatische Schädigung des Kehlkopfes oder seiner innervierenden Strukturen angesehen (MARKS et al. 1970; GOULDEN u. ANDERSON 1981). Außerdem kann eine rechtsseitige Kehlkopflähmung bei Pferden mit einem angeborenen Defekt des 4. Kiemenbogens (4-BAD), bei welchem es zu einer Missbildung der Kehlkopfknorpel und ihrer gelenkigen Verbindungen kommt, beobachtet werden. Einen solchen Defekt des 4. Kiemenbogens konnten FRANKLIN et al. (2006) bei einem der 2 Pferde mit rechtsseitiger Kehlkopflähmung feststellen. Bei dem in dieser Studie mit einem sehr gering ausgeprägten rechtsseitigen Aryknorpelkollaps auffälligen Pferd konnten keine Veränderungen des Kehlkopfes im Sinne eines 4-BAD festgestellt werden. Außerdem bestand keine Historie eines Hals- oder Kehlkopftraumas und Folgen eines solchen konnten auch nicht festgestellt werden. So ist es wahrscheinlich, dass bei diesem Pferd, wie bereits im Zusammenhang mit den Befunden der Ruheendoskopie diskutiert, eine Dysfunktion der Adduktoren des linken Stellknorpels vorliegt. Dadurch kommt es zu einer Störung des Gleichgewichts zwischen der ad- und abduzierenden Muskulatur der linken Kehlkopfhälfte, was wiederum zur vermeintlichen Abduktionsstörung des rechten Aryknorpels führt.

Bei 3 der 5 Pferde mit einem Aryknorpelkollaps konnte während der zweiten Endoskopie am Ende der Belastung eine Verstärkung des Abduktionsdefizits beobachtet werden. Ein Grund hierfür könnte die von vielen Autoren postulierte Ermüdung der abduzierenden Kehlkopfeigenmuskulatur von an der RLN erkrankten Pferden während einer Belastung sein. Als eine andere Erklärung für die Verstärkung des Aryknorpelkollaps ist aber auch ein gesteigerter inspiratorischer Unterdruck bei angestrenzterer Atmung am Ende der Belastung denkbar. Vorstellbar ist nämlich, dass durch den erhöhten Unterdruck der betroffene Stellknorpel stärker in das

Kehlkopflumen gezogen wird, was zur Verstärkung der endoskopisch zu erhebenden Abduktionsverminderung während der zweiten Endoskopie führen kann. Es konnte in der vorliegenden Arbeit bei keinem Pferd ohne verminderte Abduktion eines Stellknorpels während der ersten Endoskopie eine Abduktionsverminderung während der zweiten Endoskopie festgestellt werden.

Bei 2 der 3 Pferde mit verstärkter Abduktionsverminderung während der zweiten Endoskopie konnte auch nur während dieser Laryngoskopie am Ende der Belastung ein ipsilateraler Stimmfaltenkollaps festgestellt werden. Dies stützt die generell vertretene Meinung, dass ein Stimmfaltenkollaps üblicherweise passiv als Folge eines Aryknorpelkollaps auftritt (PARENTE 2004). Hier ist nämlich zu vermuten, dass erst am Ende der Belastung bei stärkerer Abduktionsverminderung durch die herabgesetzte Spannung der Stimmfalte ein Kollaps auftritt, während sie zu Beginn der Belastung bei nur wenig verminderter Abduktion noch stabil gespannt wird. Andererseits konnte in der vorliegenden Arbeit bei einem Pferd mit linksseitigem Aryknorpel- und Stimmfaltenkollaps ein rechtsseitiger Stimmfaltenkollaps ohne Aryknorpelkollaps diagnostiziert werden. Auch KANNEGIETER u. DOORE (1995), DART et al. (2001), TAN et al. (2005), Franklin et al. (2006) und J. G. LANE et al. (2006a, 2006b) konnten in ihren Studien bei einigen Pferden einen isolierten Stimmfaltenkollaps feststellen. Die Ätiologie eines solchen isolierten Stimmfaltenkollapses ist unbekannt und kann auch durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Vermutet wird zum einen, dass es sich um eine subtile Form der Recurrent laryngeal neuropathie handelt (KANNEGIETER u. DOORE 1995). Zum anderen konnte eine Instabilität der Stimmfalten von HOLCOMBE et al. (2006) nach bilateraler Myotomie des Musculus cricothyroideus hervorgerufen werden, was eine Dysfunktion dieses Muskels, zum Beispiel als Folge einer iatrogenen Verletzung der lateralen Äste des ihn innervierenden Nervus laryngeus cranialis, als Ursache für diese Erkrankung vermuten lässt. Auch in der Humanmedizin, wo diese Erkrankung im Zusammenhang mit belastungsinduziertem Asthma (RUNDELL u. SPIERING 2003), Larynxirritationen durch gastrooesophagealem Reflux und emotionalem Stress beobachtet wird, bleibt die Ursache unklar (AHRENS et al. 2001; NEWSHAM et al. 2002).

Eine expiratorische Absenkung eines oder beider Aryknorpel konnte in der vorliegenden Arbeit bei insgesamt 9 Pferden beobachtet werden. Diese Absenkung ist im Gegensatz zu einem inspiratorischen Absacken der Aryknorpel im Sinne des dynamischen Aryknorpelkollaps noch nicht beschrieben worden. Eine Korrelation zu anderen ruhe- oder laufbandendoskopischen Befunden ist nicht zu erkennen, da die beschriebene Absenkung sowohl bei Pferden ohne pathologische Kehlkopfbefunde als auch bei Pferden mit pathologischen Kehlkopfbefunden in der Ruhe- und Laufbandendoskopie auftritt. Das expiratorische Absenken ist aber bei allen 9 Pferden zum einen entweder nur an einem Aryknorpel festzustellen oder es ist zum anderen eine Verstärkung des Bewegungsmusters bzw. ein Auftreten von diesem erst während der zweiten Endoskopie zu beobachten. Aufgrund dieser Befunde kann man vermuten, dass bei den Pferden, die eine verstärkte Absenkung oder das Absenken eines Stellknorpels erst während der zweiten Endoskopie am Ende der Belastung zeigen, eine Ermüdung der abduzierenden Kehlkopfeigenmuskulatur im Laufe der Langzeitbelastung auftritt. Insgesamt sind dies Hinweise für eine abduktorische Muskelschwäche, welche aber vermutlich nicht zu klinischen Symptomen führt, da eine normale Atemtätigkeit durch die expiratorische Absenkung der Aryknorpel nicht beeinträchtigt wird.

Die axiale Deviation der Plica aryepiglottica (ADAF), bei welcher es zur Abweichung dieser doppelagigen, zwischen Aryknorpel und Epiglottis verlaufenden Schleimhautfalte zur Medianen hin kommt, wird in verschiedenen laufbandendoskopischen Untersuchungen an Rennpferden mit dem Vorbericht einer Leistungsinsuffizienz oder eines Atemgeräusches mit einer Prävalenz von 5 bis 55% diagnostiziert (KANNEGIETER u. DORE 1995; MARTIN et al. 2000; DART et al. 2001; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). Die ADAF kann links-, rechts-, oder beidseitig auftreten und wird häufig alleine (KANNEGIETER u. DORE 1995; MARTIN et al. 2000; D. S. KING et al. 2001; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a), aber auch in Kombination mit verschiedenen anderen dynamischen stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege diagnostiziert (TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). In der vorliegenden Arbeit wurde eine Deviation nur der

rechten Plica aryepiglottica bei 3 Pferden festgestellt. Bei allen 3 Probanden war eine Verstärkung der Befunde bzw. ein Auftreten der Erkrankung erst am Ende der Langzeitbelastung zu beobachten. Dies ist wahrscheinlich auf den gesteigerten inspiratorischen Unterdruck bei am Ende der Belastung verstärkter Atemtätigkeit zurückzuführen. Die Ätiologie der axialen Deviation der Plica aryepiglottica ist weiterhin unklar. PARENTE et al. (1994) sehen einen Zusammenhang zwischen Dysfunktionen des Gaumensegels und der ADAF und FRANKLIN (2008) hält einen Spannungsverlust der Schleimhautfalte bei Fehlfunktion der Aryknorpel oder der Epiglottis für möglich. In der vorliegenden Arbeit konnte aber, wie auch in der Studie von KING et al. (2001), kein Zusammenhang zwischen der ADAF und anderen Erkrankungen der oberen Atemwege festgestellt werden.

Eine Instabilität des Gaumensegels (PI), welche sich in einer progressiven, dorso-ventralen, wellenartigen Bewegung von diesem äußert, wird von mehreren Autoren (KANNEGIETER u. DOORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a) für den kaudalen Aspekt des weichen Gaumens beschrieben. Da sowohl von KANNEGIETER und DOORE (1995), als auch von LANE et al. (2006a) die Instabilität des Gaumensegels nicht nur isoliert diagnostiziert wurde, sondern häufig direkt vor einer Dorsalverlagerung des Gaumensegels (DDSP) zu beobachten war, geht man für die PI und das DDSP von zwei Manifestationsformen einer Erkrankung aus (J. G. LANE et al. 2006a). Auch in dieser Studie war bei einem Pferd während der laufbandendoskopischen Untersuchung am Beginn der Belastung eine sich verstärkende wellenartige Bewegung des kaudalen weichen Gaumens mit nachfolgender Dorsalverlagerung des Gaumensegels zu beobachten. Die Dorsalverlagerung wurde nach einigen Atemzügen wieder reponiert, woraufhin sich neue Zyklen eines sich verstärkenden PI mit nachfolgendem DDSP einstellten. Am Ende der Belastung war bei diesem Probanden nur noch eine geringe Instabilität des Gaumensegels, aber kein DDSP mehr festzustellen. Die Ursache für die Entstehung eines DDSP ist nicht abschließend geklärt. Vermutet wird, dass durch ein Zurückziehen des Kehlkopfes während der Laufbandendoskopie bei nervösen und verspannten Pferden das Gaumensegel nicht mehr ausreichend durch die Epiglottis

fixiert wird (COOK 1981). Durch diese Hypothese ließe sich erklären, dass bei dem Patienten in der vorliegenden Arbeit das DDSP nur zu Beginn der Belastung auftritt. Während der weiteren Belastung könnte eine Entspannung des Pferdes oder eine Ermüdung der den Larynx retrahierenden Muskulatur nämlich zu einer mehr kranialen Lage des Kehlkopfes mit besserer Stabilisierung des Gaumensegels durch die Epiglottis geführt haben. Allerdings konnte in einer experimentellen Studie zur Retroversion der Epiglottis gezeigt werden, dass ein verminderter Kontakt zwischen Kehldeckel und weichem Gaumen keine Veränderung der Position des kaudalen Anteils des Gaumensegels zur Folge hat, was gegen die Theorie von COOK (1981) spricht.

Beim dynamischen Pharynxkollaps handelt es sich um eine eher seltene dynamisch-stenotische Erkrankung der oberen Atemwege, welche bei Rennpferden, die zur Feststellung der Ursache einer Leistungsinsuffizienz und/oder eines Atemgeräusches laufbandendoskopisch untersucht werden, mit einer Prävalenz von 1,3 bis 4 % auftritt (KANNEGIETER u. DORE 1995; TAN et al. 2005; J. G. LANE et al. 2006a). In der Arbeit von MARTIN et al. (2000) tritt der Kollaps der Pharynxwände mit einer Prävalenz von 27 % auf, was auf den hohen Anteil an Trabrennpferden zurückgeführt wird, bei welchen die stärkere Flexion des Genicks bei Arbeit im Geschirr den Kollaps eventuell verstärken kann (BOYLE et al. 2006). Von DAVIDSON et al. (2002) und Franklin et al. (2006) wird ein häufigeres Auftreten dieser Erkrankung bei Sport- als bei Rennpferden beschrieben, was auch hier auf die Beugung im Genick zurückgeführt wird. STRAND et al. (2009) konnten bei ihrer Untersuchung an norwegischen Kaltblütern ebenfalls eine Beeinflussung der Rachenwände im Sinne eines dynamischen Kollapses durch Beugung des Genicks hervorrufen. Kollabieren können bei dieser Erkrankung die lateralen Pharynxwände nach axial oder das Rachendach nach ventral, wobei aber auch komplexe Formen mit einem Kollaps aller drei Pharynxwände in Kombination mit einer Aufwärtsbewegung des weichen Gaumens möglich sind, was zu einer zirkulären Einengung führt (BOYLE et al. 2006). In der vorliegenden Arbeit wurde bei 8 Pferden eine Absenkung des Rachendaches und bei einem Pferd eine Einwärtsbewegung

der Rachenwände im Sinne eines dynamischen Pharynxkollaps festgestellt. Bei einem Pferd waren Rachendach und –wände vom Kollaps betroffen. Bei nur 2 dieser Pferde trat eine Verstärkung des Rachendachkollapses am Ende der Belastung auf. Da bei keinem Probanden die Einengung des Pharynx das Niveau der Rima glottis erreichte, ist die Stärke des Kollapses bei allen betroffenen Pferden nach BOYLE et al. (2006) als geringgradig zu bewerten. Die Ätiologie des dynamischen Pharynxkollaps ist weitestgehend unbekannt und auch in dieser Studie ist die Ursache nicht zu klären. Die verstärkte Absenkung des Rachendaches bei 2 Pferden am Ende der Belastung könnte ein Anzeichen für eine Muskelermüdung sein, was die These zur Beteiligung des Musculus stylopharyngeus an diesem Geschehen stützen würde (TESSIER et al. 2004). Andererseits ist aber auch hier, wie bereits bei anderen Erkrankungen diskutiert, ein erhöhter inspiratorischer Unterdruck als Ursache für die Verstärkung der Befunde am Ende der Belastung nicht auszuschließen bzw. eine relativ wahrscheinliche Ursache.

#### 5.4.2.3 Atemgeräusche

Das Auftreten von Atemgeräuschen wird im Zusammenhang mit allen dynamisch-stenotischen Erkrankungen der oberen Atemwege beim Pferd beschrieben. In der vorliegenden Arbeit konnte bei einem von 7 Pferden ohne Atemgeräusch am Ende der Belastung eine axiale Deviation der rechten Plica aryepiglottica festgestellt werden, welche nach KING et al. (2001) als mittelgradig zu bewerten war. Auch King et al. (2001) konnten in ihrer Studie nur bei 83% der 52 Pferde mit einer ADAF ein Atemgeräusch diagnostizieren, wobei 6 Pferde ohne Geräusch auch eine mittelgradige Deviation aufwiesen. Daraus ist zu schließen, dass eine axiale Deviation einer Plica aryepiglottica nicht immer eine Ursache für ein Atemgeräusch darstellt. Bei 5 der 7 Pferde ohne Atemgeräusch konnte ein geringgradiger (BOYLE et al. 2006) Kollaps der Rachenwände oder des Rachendaches festgestellt werden. Auch in der Studie von BOYLE et al. (2006) zeigten nur 73% der Pferde mit einem dynamischen Pharynxkollaps ein Atemgeräusch, die Autoren machen aber keine Aussage über die Schwere des Kollaps bei Pferden ohne Geräusch. Durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ist aber zu vermuten, dass durch einen

geringgradigen Pharynxkollaps, bei dem die Einengung nicht das Niveau der Rima glottis erreicht, kein Atemgeräusch hervorgerufen wird. Bei einem Pferd ohne Atemgeräusch konnte eine Instabilität des kaudalen Gaumensegels und eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels festgestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten anderer Untersuchungen. So treten laut FRANKLIN (2002) bei Pferden mit einer Instabilität des Gaumensegels allenfalls geringgradige inspiratorische Atemgeräusche auf und verschiedenen Studien zufolge ist bei bis zu 30% der Pferde mit einer Dorsalverlagerung des Gaumensegels kein Atemgeräusch festzustellen (AHERN 1999; MARTIN et al. 2000; PARENTE et al. 2002).

Bei 5 Pferden mit einem typischen Atemgeräusch war ein partieller dynamischer Aryknorpelkollaps festzustellen. Bei einem dieser Pferde wurde zusätzlich ein beidseitiger Stimmfaltenkollaps und eine Deviation der rechten Plica aryepiglottica und bei zwei dieser Pferde ein linksseitiger Stimmfaltenkollaps diagnostiziert. Es konnte in dieser Arbeit also bei allen Pferden mit einem dynamischen Larynxkollaps ein hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch festgestellt werden. Auch Franklin et al. (2006) und J. G. LANE et al. (2006b) konnten bei allen Pferden mit einem laryngealen Kollaps ein Atemgeräusch, welches aber nicht immer typisch tonartig war, feststellen. Die zusätzlich aufgetretene Deviation der Plica aryepiglottica und der Stimmfaltenkollaps werden üblicherweise ebenfalls als Ursache für ein hochfrequent-tonartiges Atemgeräusch angesehen (FRANKLIN 2008). Auch wenn die Deviation der Plica aryepiglottica, wie oben bereits diskutiert, nicht immer mit einem Atemgeräusch einhergehen muss, war sie bei einem Pferd dieser Studie mit typischem Atemgeräusch als einzige dynamisch-stenotische Erkrankung der oberen Atemwege neben einem nur geringgradigen und vermutlich nicht für ein Atemgeräusch verantwortlichen Pharynxkollaps festzustellen. Die rechtsseitige axiale Deviation der Plica aryepiglottica ist also bei diesem Pferd als Ursache des Atemgeräuschs anzusehen. Es bleibt also festzuhalten, dass eine einseitige axiale Deviation der Plica aryepiglottica sowohl mit als auch ohne Atemgeräusch auftreten kann.

Bei 3 Pferden mit einem Atemgeräusch konnte sowohl in der ruhe- als auch der laufbandendoskopischen Untersuchung außer einem, wie bereits diskutiert,

vermutlich nicht mit einem Atemgeräusch einhergehenden geringgradigen Pharynxkollaps und der expiratorischen Absenkung der Aryknorpel kein auf eine Erkrankung der oberen Atemwege hindeutender Befund erhoben werden. Bei diesen Pferden bleibt die Ursache für die Atemgeräusche ungewiss, vermutet werden kann nur eine zur turbulenten Strömung der Atemluft führende Form der Nasengänge. Es ist also aus den Ergebnissen der vorliegenden und anderer Arbeiten zu erkennen, dass ein Atemgeräusch einen Hinweis auf eine dynamisch stenotische Erkrankung der oberen Atemwege gibt. Zu bedenken ist aber, dass eine solche Erkrankung auch ohne Atemgeräusch oder ein Atemgeräusch ohne eindeutig zu diagnostizierende Erkrankung der oberen Atemwege beim Pferd auftreten kann.

Abschließend kann gesagt werden, dass bei vielen Pferden eine Verschlechterung der Kehlkopffunktion unter Sedierung zu beobachten ist. Insbesondere der bei einigen Pferden auftretende Verlust der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion der Aryknorpel ist hervorzuheben, da dieses Merkmal international zur Feststellung der Recurrent laryngeal neuropathie größten Wert besitzt. Bei keinem Pferd, welches die volle Abduktion eines Aryknorpels nur unter Sedierung nicht erreichen oder halten konnte, war in der laufbandendoskopischen Untersuchung ein Aryknorpelkollaps festzustellen. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die in dieser Studie mit einem Verlust der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion nur unter Sedierung auffälligen Pferde zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht klinisch an der RLN erkrankt waren. Man kann aber vermuten, dass diese Pferde im Vergleich zu Pferden, die vor und unter Sedierung die volle Abduktion erreichen und halten können, eine schwerere Schädigung der Kehlkopfmuskulatur und ihrer innervierenden Strukturen aufweisen. Da sich zudem durch die Sedierung die Bewegungsamplitude der Aryknorpel vergrößert (siehe Teil A) liefert eine zusätzliche endoskopische Untersuchung unter Sedation in der RLN-Diagnostik ergänzende Informationen zur Kehlkopffunktion. Die tatsächliche Bedeutung einer Abduktionsverminderung unter Sedierung muss aber, insbesondere auch unter dem Aspekt, dass DIXON et al. (2002) und DAVIDSON et al. (2007) eine Progression der RLN feststellen konnten, in weiteren Studien untersucht werden.

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, hat eine Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband einen Einfluss auf die Funktion der oberen Atemwege beim Pferd. Sowohl im Hinblick auf die Funktion der Aryknorpel, der Stimmfalten, der Plicae aryepiglotticae, des Gaumensegels und des Rachens konnten deutliche Veränderungen am Ende der Belastung festgestellt werden. Abschließend ist aber nicht zu klären, ob es zu diesen Veränderungen bzw. Verstärkungen der Befunde durch eine muskuläre Ermüdung oder einen erhöhten inspiratorischen Unterdruck bei angestrenzterer Atmung am Ende der Belastung kommt. Durch die Verstärkung der Befunde oder das Auftreten dieser erst am Ende der Belastung erscheint die Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband in der endoskopischen Diagnostik dynamisch-stenotischer Erkrankungen der oberen Atemwege beim Warmblutpferd sinnvoll.

## 5.5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss des Sedativums Detomidin und einer Langzeitlaufbandbelastung auf die Funktion der oberen Atemwege beim Warmblutpferd zu evaluieren. Hierzu wurden 16 Warmblüter sowohl ruheendoskopisch vor und unter Sedierung als auch laufbandendoskopisch zu Beginn und am Ende einer 25minütigen Laufbandbelastung untersucht. Es wurde dabei in der Laryngoskopie in Ruhe eine Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung in Anlehnung an OHNESORGE (1990) quantifiziert sowie die Kehlkopffunktion nach DUCHARME (2005) graduiert. In der Ruheendoskopie konnte eine Verstärkung der Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels unter Sedierung bei nicht stimulierter Atmung bei 12 und bei stimulierter Atmung bei 9 Probanden festgestellt werden. 11 Pferde wurden unter Sedierung mit einem höheren Grad nach DUCHARME (2005) bewertet, was eine Verschlechterung der Kehlkopffunktion bei diesen Pferden bedeutet. Dabei wurde bei 5 Pferden unter Sedierung eine Verschlechterung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Stellknorpels nach dem Schluckakt diagnostiziert. Dies ist von besonderer Bedeutung, da nach internationaler Meinung Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion als klinisch an der Recurrent laryngeal neuropathie erkrankt anzusehen sind. Es werden somit Pferde unter Sedierung als krank beurteilt, welche vor Sedierung als larynxgesund zu beurteilen sind. Es muss angenommen werden, dass diese Pferde im Vergleich zu Pferden, welche zwar auch eine Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung aufweisen, aber vor und unter Sedierung beide Stellknorpel vollständig abduzieren können, eine stärkere Schädigung der Kehlkopfmuskulatur und ihrer innervierenden Strukturen besitzen.

Bei der laufbandendoskopischen Untersuchung konnte bei 5 Pferden ein partieller dynamischer Aryknorpelkollaps festgestellt werden, wobei bei 4 Pferden der linke und bei einem Pferd der rechte Aryknorpel betroffen war. Bei 3 der 5 Pferde konnte während der zweiten Endoskopie eine Verstärkung des Kollaps beobachtet werden, was entweder auf eine Ermüdung der abduzierenden Kehlkopfmuskulatur oder auf einen erhöhten inspiratorischen Unterdruck bei am Ende der Belastung

angestrenzterer Atmung zurückzuführen sein kann. Bei einem Pferd mit einem Aryknorpelkollaps konnte zusätzlich in beiden Endoskopien ein Kollaps beider Stimmfalten und bei zwei Pferden mit linksseitigem Stellknorpelkollaps erst bei verstärktem Kollaps am Ende der Belastung auch ein linksseitiger Stimmbandkollaps festgestellt werden. Alle Pferde mit einem Stellknorpelkollaps unter Belastung waren in der Ruheendoskopie auch vor Sedierung nicht zur vollen Abduktion des betroffenen Stellknorpels fähig. Bei 3 Pferden wurde eine axiale Deviation der rechten Plica aryepiglottica diagnostiziert. Dabei wurde die Deviation bei 2 dieser Pferde zu Beginn der Belastung geringgradig und am Ende der Belastung mittelgradig bewertet. Bei einem der 3 Pferde war die axiale Deviation nur am Ende der Belastung zu beobachten und wurde mittelgradig beurteilt, ein Atemgeräusch war bei diesem Pferd nicht festzustellen. Es trat also bei allen 3 Pferden während der Langzeitbelastung eine Verstärkung der axialen Deviation der Plica aryepiglottica auf. Ein Kollaps des Rachendaches und/oder der Rachenwände wurde bei 10 Pferden diagnostiziert. Der Kollaps war aber in allen Fällen sowohl zu Beginn als auch am Ende der Belastung nur als geringgradig zu beurteilen und ging bei 5 Probanden nicht mit einem Atemgeräusch einher. Bei einem Pferd wurde nur zu Beginn der Belastung eine Instabilität des Gaumensegels und eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels festgestellt, ein Atemgeräusch trat bei diesem Probanden nicht auf. Bei 6 der 9 Pferde mit einem Atemgeräusch wurde eine dynamisch stenotische Erkrankung der oberen Atemwege festgestellt, während bei 3 Pferden mit einem Atemgeräusch bis auf einen geringgradigen und vermutlich nicht für das Atemgeräusch verantwortlichen Pharynxkollaps keine weitere Erkrankung diagnostiziert werden konnte. Es ist also aus den Ergebnissen der vorliegenden und anderer Arbeiten zu erkennen, dass ein Atemgeräusch einen Hinweis auf eine dynamisch stenotische Erkrankung der oberen Atemwege gibt. Zu bedenken ist aber, dass eine solche Erkrankung auch ohne Atemgeräusch oder ein Atemgeräusch ohne eindeutig zu diagnostizierende Erkrankung der oberen Atemwege beim Pferd auftreten kann.

## 6 Zusammenfassung

Henning Löbert

### **Zum Einfluss des Sedativums Detomidin und einer Langzeitlaufbandbelastung auf die endoskopisch evaluierbare Funktion der oberen Atemwege beim Pferd**

In Teil A dieser Studie wurden 48 Warmblutpferde einer laryngoskopischen Untersuchung vor und nach Applikation des Sedativums Detomidin unterzogen, die Kehlkopffunktion von 3 unabhängigen Untersuchern anhand der verblindeten Aufnahmen der Endoskopien bewertet und aufgrund der so gewonnenen Ergebnisse der Einfluss der Sedierung auf die Beweglichkeit der Aryknorpel ermittelt. Erfasst wurden dabei die wichtigsten Aspekte der international gebräuchlichen Bewertungsschemata für Störungen der Kehlkopffunktion, nämlich die Asymmetrie und Asynchronie der Kehlkopfbewegungen, das Flattern oder Zittern des linken Aryknorpels, die Fähigkeit, die vollständige Abduktion beider Stellknorpel zu erreichen und zu halten, sowie weiterhin die Ausgangsposition und Bewegungsamplitude des rechten Aryknorpels. Außerdem wurden die Probanden auf das Auftreten von Atemgeräuschen hin untersucht.

Während bei den Bewertungen der Asymmetrie bei nicht stimulierter Atmung bei keinem und der Asynchronie der Kehlkopfbewegungen und dem Flattern des linken Aryknorpels nur bei einem Untersucher ein signifikanter Unterschied unter Sedierung festgestellt werden konnte, war eine signifikante Auswirkung des Sedativums auf die Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion oder dem Schluckakt bei allen Untersuchern als Verschlechterung der Abduktionsfähigkeit unter Sedierung zu beobachten. Dies ist von besonderer Bedeutung, da nach internationaler Meinung Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion als klinisch an der Recurrent laryngeal neuropathie erkrankt anzusehen sind. Es werden somit Pferde unter Sedierung als krank beurteilt, welche vor Sedierung als larynxgesund zu beurteilen sind. Es kann vermutet werden, dass diese Pferde im Vergleich zu Pferden, welche zwar auch eine Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung aufweisen, aber vor und unter Sedierung beide Stellknorpel

vollständig abduzieren können, eine stärkere Schädigung der Kehlkopfmuskulatur und ihrer innervierenden Strukturen besitzen. Weiterhin wurden nach Applikation des Sedativums eine signifikante Verkleinerung der Ausgangsposition und eine signifikante Erhöhung der Bewegungsamplitude des rechten Aryknorpels in der Gruppe der untersuchten Pferde festgestellt. 25 Pferde zeigten ein typisches Atemgeräusch. Von diesen zeigten 68% vor und 69% unter Sedierung eine dauerhafte Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung und 45% waren vor und 55% unter Sedierung nicht fähig, die volle Abduktion des linken Aryknorpels zu halten oder überhaupt zu erreichen. Von den Pferden mit einer dauerhaften Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen zeigten vor Sedierung 65% und unter Sedierung 53% ein typisches Atemgeräusch. Ein solches wiesen von den Probanden, die die volle Abduktion des linken Stellknorpels nach nasaler Okklusion oder dem Schlucken nicht halten oder gar nicht erreichen konnten, 83% vor und 59% unter Sedierung auf.

In Teil B dieser Arbeit wurde die Korrelation zwischen der subjektiven Bewertung und der objektiven Vermessung einer Abduktionsverminderung des linken Aryknorpels untersucht. Bei 48 Warmblutpferden wurde dazu eine laryngoskopische Untersuchung vor und unter Sedierung durchgeführt und die Stärke der Asymmetrie der Kehlkopfbewegungen bei nicht stimulierter Atmung von 3 Untersuchern unabhängig voneinander beurteilt. Außerdem wurden mit der Tangentennessmethode nach REUTTER et al. (2004) bei jedem Pferd die Öffnungswinkel der Aryknorpel gemessen und ihr Quotient bestimmt. Zwischen den subjektiven Bewertungen und den aus den trigonometrischen Messungen errechneten Winkelquotienten konnte ein Korrelationskoeffizient in Höhe von 0,84 vor und 0,76 unter Sedierung festgestellt werden. Pferde mit gleich starker Asymmetrie in der subjektiven Bewertung konnten sich in ihren Messwerten deutlich unterscheiden (Streuung bis zu 19%), während bei Probanden mit unterschiedlich starker Asymmetrie gleiche Werte gemessen wurden. Die Wiederholbarkeit der Tangentennessmethode ist aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit als gut zu bewerten.

Ziel von Teil C der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss einer Langzeitbelastung auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband auf die Funktion der oberen Atemwege beim Warmblutpferd zu evaluieren. Hierzu wurden 16 Warmblüter sowohl ruheendoskopisch vor und unter Sedierung als auch laufbandendoskopisch zu Beginn und am Ende einer 25minütigen Laufbandbelastung untersucht. Es wurde dabei in der Laryngoskopie in Ruhe eine Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels bei nicht stimulierter und stimulierter Atmung in Anlehnung an OHNESORGE (1990) quantifiziert sowie die Kehlkopffunktion nach DUCHARME (2005) graduiert. In der Ruheendoskopie konnte eine Verstärkung der Abduktionsverminderung des linken Stellknorpels unter Sedierung bei nicht stimulierter Atmung bei 12 der 16 Pferde und bei stimulierter Atmung bei 9 der 16 Probanden festgestellt werden. 11 Pferde wurden unter Sedierung mit einem höheren Grad nach DUCHARME (2005) bewertet, was eine Verschlechterung der Kehlkopffunktion bei diesen Pferden bedeutet. Dabei wurde bei 5 Pferden unter Sedierung eine Verschlechterung der Fähigkeit zur vollständigen Abduktion des linken Stellknorpels nach dem Schluckakt diagnostiziert. Dies ist von besonderer Bedeutung, da nach internationaler Meinung Pferde mit einer Unfähigkeit zur vollen Abduktion als klinisch an der Recurrent laryngeal neuropathie erkrankt anzusehen sind. Es werden somit Pferde unter Sedierung als krank beurteilt, welche vor Sedierung als larynxgesund zu beurteilen sind. Es kann vermutet werden, dass diese Pferde im Vergleich zu Pferden, welche zwar auch eine Abduktionsverminderung bei nicht stimulierter Atmung aufweisen, aber vor und unter Sedierung beide Stellknorpel vollständig abduzieren können, eine stärkere Schädigung der Kehlkopfmuskulatur und ihrer innervierenden Strukturen besitzen.

Bei der laufbandendoskopischen Untersuchung konnte bei 5 Pferden ein partieller dynamischer Aryknorpelkollaps festgestellt werden, wobei bei 4 Pferden der linke und bei einem Pferd der rechte Aryknorpel betroffen war. Bei 3 der 5 Pferde konnte während der zweiten Endoskopie eine Verstärkung des Kollaps beobachtet werden, was entweder auf eine Ermüdung der abduzierenden Kehlkopfmuskulatur oder auf einen erhöhten inspiratorischen Unterdruck bei am Ende der Belastung angestrebter Atmung zurückzuführen sein kann. Bei einem Pferd mit einem

Aryknorpelkollaps konnte zusätzlich in beiden Endoskopien ein Kollaps beider Stimmfalten und bei zwei Pferden mit linksseitigem Stellknorpelkollaps erst bei verstärktem Kollaps am Ende der Belastung auch ein linksseitiger Stimmbandkollaps festgestellt werden. Alle Pferde mit einem Stellknorpelkollaps unter Belastung waren in der Ruheendoskopie auch vor Sedierung nicht zur vollen Abduktion des betroffenen Stellknorpels fähig. Bei 3 Pferden wurde eine axiale Deviation der rechten Plica aryepiglottica diagnostiziert. Dabei wurde die Deviation bei 2 dieser Pferde zu Beginn der Belastung geringgradig und am Ende der Belastung mittelgradig bewertet. Bei einem der 3 Pferde war die axiale Deviation nur am Ende der Belastung zu beobachten und wurde mittelgradig beurteilt, ein Atemgeräusch war bei diesem Probanden nicht festzustellen. Es trat also bei allen 3 Pferden während der Langzeitbelastung eine Verstärkung der axialen Deviation der Plica aryepiglottica auf. Ein Kollaps des Rachendaches und/oder der Rachenwände wurde bei 10 Pferden diagnostiziert. Der Kollaps war aber in allen Fällen sowohl zu Beginn als auch am Ende der Belastung nur als geringgradig zu beurteilen und ging bei 5 Probanden nicht mit einem Atemgeräusch einher. Bei einem Pferd wurde nur zu Beginn der Belastung eine Instabilität des Gaumensegels und eine Dorsalverlagerung des Gaumensegels festgestellt, ein Atemgeräusch trat bei diesem Probanden nicht auf. Bei 6 der 9 Pferde mit einem Atemgeräusch wurde eine dynamisch stenotische Erkrankung der oberen Atemwege festgestellt, während bei 3 Pferden mit einem Atemgeräusch bis auf einen geringgradigen und vermutlich nicht für das Atemgeräusch verantwortlichen Pharynxkollaps keine weitere Erkrankung diagnostiziert werden konnte. Es ist also aus den Ergebnissen der vorliegenden und anderer Arbeiten zu erkennen, dass ein Atemgeräusch einen Hinweis auf eine dynamisch stenotische Erkrankung der oberen Atemwege gibt. Zu bedenken ist aber, dass eine solche Erkrankung auch ohne Atemgeräusch oder ein Atemgeräusch ohne eindeutig zu diagnostizierende Erkrankung der oberen Atemwege beim Pferd auftreten kann.

## 7 Summary

Henning Löbert

### **A study on the influence of the sedative Detomidine and a long-term treadmill exercise on the upper airway function in the horse**

In part A of this study 48 warmblood horses underwent laryngoscopy before and after the administration of the sedative Detomidine. Laryngeal function was evaluated independently by three observers in order to rate the influence of the sedative on the arytenoid cartilage motility. The most important aspects of the international used grading systems for laryngeal function were evaluated. These are the asymmetry and asynchrony of laryngeal movements and the ability to fully abduct both arytenoid cartilages. Additionally, the resting position and the amplitude of the right arytenoid cartilage movements were evaluated and abnormal respiratory sounds were noted. All observers found a significant deterioration of the ability to fully abduct the left arytenoid cartilage after nasal occlusion and swallowing when horses were sedated. This is important because horses with an inability to fully abduct the left arytenoid cartilage are seen to be clinical RLN cases, according to the international opinion. So there are horses seen to have laryngeal dysfunction while being sedated that seemed to have normal laryngeal function without sedation. It can be supposed that those horses have a severe damage of the laryngeal intrinsic musculature and the innervating structures compared to horses that show a reduced abduction while breathing is not stimulated but that are able to fully abduct before and after the administration of the sedative. No respectively one observer found a significant influence of the sedative on the asymmetry respectively the asynchrony of the laryngeal movements. Furthermore, all 3 observers found a significant closer position of the Rima glottis in resting position and a significant higher amplitude of arytenoid cartilage movement while the horses were sedated. 25 of the 48 horses showed a typical respiratory sound, e. g. a whistling or roaring. 68% respectively 69% of these horses had a permanent asymmetry of their laryngeal movements before respectively while the horses were sedated and 45% respectively 55% of these

horses were unable to achieve or maintain full abduction of the left arytenoid cartilage. 83% respectively 59% of the horses with a typical respiratory sound showed an inability to fully abduct the left arytenoid cartilage before respectively after the sedative was applied.

In part B of this study the correlation between the subjective grading and the objective measurement of a reduced abduction of the left arytenoid cartilage was evaluated. Therefore 48 warmbloods underwent laryngoscopy before and after sedation and a lack of abduction was independently evaluated by three observers. Additionally, the opening angle of the arytenoids cartilages was measured, using a trigonometrically measuring method according to REUTTER et al. (1994) and the quotient "right angle: left angle" was calculated. Between the subjective grading and the objective measurement a correlation coefficient of 0,84 before and 0,76 after application of the sedative was found. In horses with the same subjective grading it was possible to get distinct different measuring results (scatter up to 19%) whilst in horses with a different subjective grading the measurements could be similar. Because of the results of this study the used measuring method can be seen as highly reproducible.

The aim of part C was to evaluate the influence of a long term treadmill exercise on the function of the upper airways in warmbloods. Therefore 16 horses underwent resting laryngoscopy before and after administration of the sedative Detomidine and an additionally endoscopy at the beginning and at the end of a 25 minute exercise on a high speed treadmill. In the resting endoscopy a reduced abduction of the left arytenoid cartilage was evaluated according to OHNESORGE (1990) while breathing was non-stimulated and stimulated. Additionally, laryngeal function was graded according to DUCHARME (2005). In the resting endoscopy 12 respectively 9 horses showed an increase in the lack of abduction in non-stimulated respectively stimulated breathing after administration of the sedative. 11 horses got a higher grade according to DUCHARME (2005) while they were sedated. This means deterioration in their laryngeal function. 5 of these 11 horses were seen to have deterioration in their

ability to fully abduct the left arytenoid cartilage. This is important because horses with an inability to fully abduct the left arytenoid cartilage are seen to be clinical RLN cases, according to the international opinion. So there are horses seen to have laryngeal dysfunction while being sedated that seemed to have a normal laryngeal function without sedation. It can be supposed that those horses have a severe damage of the laryngeal intrinsic musculature and the innervating structures compared to horses that show a reduced abduction while breathing is not stimulated but that are able to fully abduct before and after the administration of the sedative. In the treadmill endoscopy 4 horses showed a partial collapse of the left and one horse of the right arytenoid cartilage. 3 of the 5 horses were seen to have a severe collapse at the end of the treadmill exercise. This can be related to a weakness of the intrinsic laryngeal musculature or an increased low-pressure due to more intense breathing at the end of the treadmill exercise. Additionally, 1 of the 3 horses showed a bilateral vocal cord collapse at the beginning and the end of the exercise whilst the other 2 horses only showed a collapse of the left vocal cord at the end of the exercise in combination with a worsen collapse of the left arytenoid cartilage. All horses with an arytenoid cartilage collapse during exercise were without and with sedation unable to fully abduct the collapsing arytenoid cartilage in the resting endoscopy. 3 horses were diagnosed with an axial deviation of the right aryepiglottic fold. 2 of these 3 horse showed a mild deviation at the beginning and a moderate deviation at the end of the exercise whilst 1 horse was diagnosed with a moderate deviation only at the end of the treadmill exercise. So, all 3 horses were seen to have a more intense deviation at the end of the exercise. A collapse of the pharyngeal roof and/or the pharyngeal walls was diagnosed in 10 horses. In all cases the collapse was only mild and only 5 of the 10 horses showed an abnormal respiratory sound. 1 horse was seen to have a palatal instability and a dorsal displacement of the soft palate at the beginning but not at the end of the exercise. 6 of the 9 horses that had abnormal respiratory sounds were diagnosed with an upper airway obstruction whilst the other 3 horses showed only a mild pharyngeal collapse which can be judged to be not responsible for the respiratory sound. 5 of the 7 horses without an abnormal respiratory sound had a mild pharyngeal collapse, 1 horse had a moderate axial

## Summary

deviation of the right aryepiglottic fold and 1 horse showed a palatal instability and a dorsal displacement of the soft palate. According to the results of this study abnormal respiratory sounds can be seen as a hint to an obstructive upper airway disease. But it has to be considered that an upper airway obstruction can appear without an abnormal respiratory sound and such a sound can appear without the diagnosis of an upper airway obstruction.

## 8 Literaturverzeichnis

- AHRENS, P., Y. SEIBT u. R. KITZ (2001):  
[Vocal cord dysfunction in children and adolescents].  
Pneumologie (Stuttgart, Germany) 55, 378-384
- ALLEN, K. J., J. G. LANE, N. S. WOODFORD u. S. H. FRANKLIN (2007):  
Severe collapse of the rostral soft palate as a source of abnormal respiratory noise in six ponies and horses.  
Equine veterinary journal 39, 562-566
- ANDERSON, B. H. (2004):  
Sales: Problems in the diagnosis of RLN - Australasian perspektive.  
In: Workshop on Equine laryngeal neuropathie, Stratford-upon-Avon, UK, 45-46
- ANDERSON, B. H., N. J. KANNEGIETER u. B. E. GOULDEN (1997):  
Endoscopic observations on laryngeal symmetry and movements in young racing horses.  
New Zealand veterinary journal 45, 188-192
- ARCHER, R. M., W. A. LINDSAY u. I. D. DUNCAN (1991):  
A Comparison of Techniques to Enhance the Evaluation of Equine Laryngeal Function.  
Equine veterinary journal 23, 104-107
- BAKER, G. J. (1983):  
Laryngeal hemiplegia in the horse.  
Comp. cont. Educ. 5, 61-67
- BAKER, R. J. (2003):  
Internetauszug des Equine Pulmonary Laboratory der Michigan State University, USA.  
<http://cvm.msu.edu/RESEARCH/PULMON/Laryn2.htm>
- BARAKZAI, S. Z., C. ES, E. M. MILNE u. P. DIXON (2007):  
Ventroaxial luxation of the apex of the corniculate process of the arytenoid cartilage in resting horses during induced swallowing or nasal occlusion.  
Vet Surg 36, 210-213
- BATHE, A. P. (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, W. M., B. D. GRANT u. P. D. MODRANSKY (1984):  
Arterial blood gas tensions during exercise in a horse with laryngeal hemiplegia,  
before and after corrective surgery.  
Res Vet Sci 36, 256-258
- BOLES, C. L. (1979):  
Abnormalities of the upper respiratory tract.  
Vet. Clin. North Am.: Large animal practice 1, 89-111
- BOLES, C. L., C. W. RAKER u. J. F. WHEAT (1978):  
Epiglottic entrapment by arytenoepiglottic folds in the horse.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 172, 338-342
- BOYLE, A. G., B. B. MARTIN, JR., E. J. DAVIDSON, M. M. DURANDO u. E. K. BIRKS (2006):  
Dynamic pharyngeal collapse in racehorses.  
Equine Vet J Suppl 546-550
- BROWN, J. A., K. W. HINCHCLIFF, M. A. JACKSON, A. F. DREDGE, R. A. O'CALLAGHAN, J. R. MCCAFFREY, R. F. SLOCOMBE u. A. F. CLARKE (2005):  
Prevalence of pharyngeal and laryngeal abnormalities in Thoroughbreds racing in Australia, and their association with performance.  
Equine veterinary journal 37, 397-401
- CABLE, C. S., N. G. DUCHARME, R. P. HACKETT, H. N. ERB, L. M. MITCHELL u. L. V. SODERHOLM (2002):  
Sound signature for identification and quantification of upper airway disease in horses.  
American journal of veterinary research 63, 1707-1713
- CAHILL, J. I. u. B. E. GOULDEN (1986):  
Equine laryngeal hemiplegia. Part IV. Muscle pathology.  
New Zealand veterinary journal 34, 186-190
- CAHILL, J. I. u. B. E. GOULDEN (1987):  
The pathogenesis of equine laryngeal hemiplegia--a review.  
New Zealand veterinary journal 35, 82-90
- CARR, E. A., S. J. SPIER, G. D. KORTZ u. E. P. HOFFMAN (1996):  
Laryngeal and pharyngeal dysfunction in horses homozygous for hyperkalemic periodic paralysis.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 209, 798-803
- CHALMERS, H. J. (2009):  
Equine laryngeal ultrasound.  
In: 4th World Equine Airways Symposium, Berne, Switzerland, 63-67

CHALMERS, H. J., J. CHEETHAM, A. E. YEAGER u. N. G. DUCHARME (2006):  
Ultrasonography of the equine larynx.  
Vet Radiol Ultrasound 47, 476-481

CHRISTLEY, R. M., D. R. HODGSON, D. L. EVANS u. R. J. ROSE (1997):  
Cardiorespiratory responses to exercise in horses with different grades of idiopathic  
laryngeal hemiplegia.  
Equine veterinary journal 29, 6-10

COLE, C. R. (1946):  
Changes in the larynx associated with laryngeal hemiplegia.  
Am. J. vet. Res. 7, 69-77

COOK, W. R. (1965):  
Diagnosis of respiratory unsoundness in the horse.  
The Veterinary record 77, 516-526

COOK, W. R. (1970c):  
Procedure and technique for endoscopy of the equine respiratory tract and  
eustachian tube diverticulum.  
Equine vet. J. 2, 137-152

COOK, W. R. (1981):  
Some observations on form and function of the equine upper airway in health and  
disease: 1. The Pharynx.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 27, 355

COOK, W. R. (1981b):  
Some observations on form and funktion of the equine upper airway in health and  
disease: II. Larynx.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 27, 393-451

COOK, W. R. (1988a):  
Diagnosis and grading of hereditary recurrent laryngeal neuropathie in the horse.  
J. Equine vet. Science 8, 432-455

COOK, W. R. (1988b):  
Recent observations on recurrent laryngeal neuropathie in the horse: Application to  
practice.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 34, 427-278

COOK, W. R. u. J. G. THALHAMMER (1991):  
Elektrodiagnostic test for the objektive grading of laryngeal neuropathie in the horse.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 34, 275-296

COOK, W. R., R. M. WILLIAMS, C. A. KIRKER-HEAD u. D. I. VERBRIDGE (1988):  
Upper airway obstruction as the possible cause of exercise-induced pulmonary  
hemorrhage in the horse: a hypothesis J. Equine vet. Science 8, 11-26

CURTIS, R. A., C. N. HAHN, D. L. EVANS, T. WILLIAMS u. L. BEGG (2005):  
Thoracolaryngeal reflex latencies in Thoroughbred horses with recurrent laryngeal  
neuropathy.  
Vet J 170, 67-76

DART, A. J., B. A. DOWLING, D. R. HODGSON u. R. J. ROSE (2001):  
Evaluation of high-speed treadmill videoendoscopy for diagnosis of upper respiratory  
tract dysfunction in horses.  
Aust Vet J 79, 109-112

DART, A. J., B. A. DOWLING u. C. L. SMITH (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

DAVIDSON, E. J., B. B. MARTIN, E. J. PARENTE u. E. K. BIRKS (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

DEEGEN, E., I. BRICKWEDEL u. B. OHNESORGE (2000):  
Endoskopie- und Obduktionsbefunde des Kehlkopfes beim Pferd.  
Tierärztliche Praxis 28 (G), 140-147

DERKSEN, F. J., S. J. HOLCOMBE, W. HARTMANN, N. E. ROBINSON u. J. A.  
STICK (2001):  
Spectrum analysis of respiratory sounds in exercising horses with experimentally  
induced laryngeal hemiplegia or dorsal displacement of the soft palate.  
American journal of veterinary research 62, 659-664

DERKSEN, F. J., J. A. STICK, E. A. SCOTT, N. E. ROBINSON u. R. F. SLOCOMBE  
(1986):  
Effect of laryngeal hemiplegia and laryngoplasty on airway flow mechanics in  
exercising horses.  
American journal of veterinary research 47, 16-20

DESMAIZIERES, L. M., N. SERRAUD, B. PLAINFOSSE, A. MICHEL u. Y. TAMZALI  
(2009):  
Dynamic respiratory endoscopy without treadmill in 68 performance Standardbred,  
Thoroughbred and saddle horses under natural training conditions.  
Equine veterinary journal 41, 347-352

DETLEF, E., H. HELL u. J. FISCHER (1985):  
Beitrag zur Def. des Hauptmangels "Kehlkopf Pfeifen" aufgrund laryngoskopischer  
Reihenuntersuchung an Warmblutpferden.  
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 98, 57-60

DIXON, P. M. (1982):  
Arterial blood gas values in horses with laryngeal paralysis.  
Equine veterinary journal 14, 246-248

DIXON, P. M. (2004):  
Endoscopic grading system for laryngeal paralyses - 6 Grade System.  
In: Workshop on Equine laryngeal neuropathie, Stratford-upon-Avon, 26-27

DIXON, P. M., B. C. MCGORUM, D. I. RAILTON, C. HAWE, W. H. TREMAINE, K.  
PICKLES u. J. MCCANN (2001):  
Laryngeal paralysis: a study of 375 cases in a mixed-breed population of horses.  
Equine veterinary journal 33, 452-458

DUCHARME, N. G. (2005):  
Upper Airway: Clinical Perspectives.  
In: Third World Equine Airways Symposium, Berlin, Germany, 131-136

DUCHARME, N. G. (2006):  
Pharynx.  
In: Equine surgery, 3rd edn.  
W.B. Saunders, St. Louis, S. 544-565

DUCHARME, N. G. u. R. P. HACKETT (1991):  
The value of surgical treatment of laryngeal hemiplegia in horses.  
Education for the practicing Veterinarian 13 (3), 472-475

DUCHARME, N. G., R. P. HACKETT, S. L. FUBINI u. H. N. ERB (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, N. G., R. P. HACKETT, J. B. WOODIE, N. DYKES, H. N. ERB, L. M.  
MITCHELL u. L. V. SODERHOLM (2003):  
Investigations into the role of the thyrohyoid muscles in the pathogenesis of dorsal  
displacement of the soft palate in horses.  
Equine veterinary journal 35, 258-263

DUNCAN, I. D. (1987):  
Some aspekts of neuropathie of equine laryngeal hemiplegia.  
Proc. Am. College vet. internal. Med, S. 863-865

DUNCAN, I. D., G. J. BAKER, C. J. HEFFRON u. I. R. GRIFFITHS (1977a):  
A correlation of the endoscopic and pathological changes in subclinical pathology of the horses larynx.  
Equine vet. J. 9, 220-225

DUNCAN, I. D., I. R. GRIFFITHS, A. MCQUEEN u. G. O. BAKER (1974):  
The pathology of equine laryngeal hemiplegia.  
Acta neuropathologica 27, 337-348

DUNCAN, I. D., P. REIFENRATH, K. F. JACKSON u. M. CLAYTON (1991):  
Preferential denervation of the adductor muscles of the equine larynx. II: Nerve pathology.  
Equine veterinary journal 23, 99-103

DURANDO, M. M., B. B. MARTIN, E. J. HAMMER, S. P. LANGSAM u. E. K. BIRKS (2002):  
Dynamic upper airway changes and arterial blood gas parameters during treadmill exercise.  
Equine Vet J Suppl 408-412

EHRlich, P. J., H. J. SEEHERMAN, E. MORRIS, C. KOLIAS u. W. R. COOK (1995):  
The effect of reversible left recurrent laryngeal neuropathy on the metabolic cost of locomotion and peak aerobic power in thoroughbred racehorses.  
Vet Surg 24, 36-48

EICKMEIER, H., E. FELLMER u. H. MOEGLE (1990):  
Lehrbuch der gerichtlichen Tierheilkunde, 1. Auflage.  
Verlag Parey, Berlin und Hamburg, S.38-40,

ELLIS, D. R. (1985):  
Wind examination in yearlings.  
The Veterinary record 117, 591-592

FRANKLIN, S. H. (2008):  
Dynamic collapse of the upper respiratory tract: A review.  
Equine Veterinary Education 20, 212-224

FRANKLIN, S. H., J. R. NAYLOR u. J. G. LANE (2002):  
Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during high-intensity exercise.  
Equine Vet J Suppl 379-383

FRANKLIN, S. H., J. R. NAYLOR u. J. G. LANE (2006):  
Videoendoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high-speed treadmill.

Equine Vet J Suppl 540-545

FRANKLIN, S. H., S. G. USMAR, J. G. LANE, J. SHUTTLEWORTH u. J. F. BURN (2003):

Spectral analysis of respiratory noise in horses with upper airway disorders.  
Equine veterinary journal 35, 264-268

FRESE, K. (1914):

Ein neues Rhinolaryngoskop für Pferde unter besonderer Berücksichtigung des Kehlkopfpfeifens.

Monatsh. prakt. Tierhik. 25, 134

FREY, H. u. W. LÖSCHER (2007):

Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin.  
Enke Verlag,

GOULDEN, B. E. (1977):

Some unusual cases of abnormal respiratory noises in the horse.  
New Zealand veterinary journal 25, 389-390

GOULDEN, B. E., G. R. BARNES u. T. J. QUINLAN (1976):

The electromyographic activity of intrinsic laryngeal muscles during quiet breathing in the anaesthetized horse.

New Zealand veterinary journal 24, 157-162

GREET, T. R. (1994):

Laryngeal hemiplegia: a slap in the face for the 'slap test'?  
Equine veterinary journal 26, 345

GREET, T. R., L. B. JEFFCOTT, K. E. WHITWELL u. W. R. COOK (1980):

The slap test for laryngeal adductory function in horses with suspected cervical spinal cord damage.

Equine veterinary journal 12, 127-131

GÜNTHER, K. (1866):

Pfeiferdampf.

Verlag Rümpler, Hannover

HACKETT, R. P., N. G. DUCHARME, S. L. FUBINI u. H. N. ERB (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

HAMMER, E. J., E. P. TULLENERS, E. J. PARENTE u. B. B. MARTIN, JR. (1998):

Videoendoscopic assessment of dynamic laryngeal function during exercise in horses with grade-III left laryngeal hemiparesis at rest: 26 cases (1992-1995).

Journal of the American Veterinary Medical Association 212, 399-403

HANSELKA, D. V. (1973):

Tracheal collapse and laryngeal hemiplegia in the horse. (A case report).  
Vet Med Small Anim Clin 68, 859-862

HAWE, C., P. M. DIXON u. I. G. MAYHEW (2001):

A study of an electrodiagnostic technique for the evaluation of equine recurrent laryngeal neuropathy.  
Equine veterinary journal 33, 459-465

HAYNES, P. F. (1978):

Surgical failures in upper respiratory surgery.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 24, 223-249

HAYNES, P. F. (1981):

Persistent dorsal displacement of the soft palate associated with epiglottic shortening in two horses.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 179, 677-681

HAYNES, P. F. (1983):

Dorsal displacement of the soft palate and epiglottic entrapment: diagnosis, management and interrelationship.  
Comp. cont. Educ. 5, 379-388

HAYNES, P. F. (1984):

Surgery of the equine upper respiratory tract.  
W. B. Saunders Company, Philadelphia

HILLIDGE, C. J. (1985):

Prevalence of laryngeal hemiplegia on a Thoroughbred horse farm.  
J. Equine vet. Science 5, 252-254

HILLIDGE, C. J. (1986):

Interpretation of laryngeal function tests in the horse.  
Vet. Rec. 118, 535-536

HOBO, S., Y. MATSUDA u. K. YOSHIDA (1995):

Prevalence of upper respiratory tract disorders detected with a flexible videoendoscope in thoroughbred racehorses.  
J Vet Med Sci 57, 409-413

HOLCOMBE, S. J., F. J. DERKSEN, C. BERNEY, A. C. BECKER u. N. T. HORNER (2001):

Effect of topical anesthesia of the laryngeal mucosa on upper airway mechanics in exercising horses.  
American journal of veterinary research 62, 1706-1710

HOLCOMBE, S. J., F. J. DERKSEN, J. A. STICK u. N. E. ROBINSON (1997a):  
Effect of bilateral tenectomy of the tensor veli palatini muscle on soft palate function  
in horses.

American journal of veterinary research 58, 317-321

HOLCOMBE, S. J., F. J. DERKSEN, J. A. STICK u. N. E. ROBINSON (1997b):  
Effects of bilateral hypoglossal and glossopharyngeal nerve blocks on epiglottic and  
soft palate position in exercising horses.

American journal of veterinary research 58, 1022-1026

HOLCOMBE, S. J., F. J. DERKSEN, J. A. STICK u. N. E. ROBINSON (1998):  
Effect of bilateral blockade of the pharyngeal branch of the vagus nerve on soft  
palate function in horses.

American journal of veterinary research 59, 504-508

HOLCOMBE, S. J., K. RODRIGUEZ, J. LANE u. J. P. CARON (2006):  
Cricothyroid muscle function and vocal fold stability in exercising horses.

Vet Surg 35, 495-500

HUSKAMP, B. (1992):

Retroflexio Epiglottidis beim Pferd.

In: 12. DVG-Tagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten, Wiesbaden, 294-300

JANSSON, N., N. G. DUCHARME, R. P. HACKETT u. H. O. MOHAMMED (2000):  
An in vitro comparison of cordopexy, cordopexy and laryngoplasty, and laryngoplasty  
for treatment of equine laryngeal hemiplegia.

Vet Surg 29, 326-334

JOHNSON, J. H. u. J. G. MERIAM (1975):

Equine endoscopy.

Vet. Scope 19, Nr. 2, 2-11

KANNEGIETER, N. J. u. M. L. DORE (1995):

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

Aust Vet J 72, 101-107

KING, C. M., D. L. EVANS u. R. J. ROSE (1994):

Cardiorespiratory and metabolic responses to exercise in horses with various  
abnormalities of the upper respiratory tract.

Equine veterinary journal 26, 220-225

KING, D. S., E. TULLENERS, B. B. MARTIN, JR., E. J. PARENTE u. R. BOSTON  
(2001):

Clinical experiences with axial deviation of the aryepiglottic folds in 52 racehorses.

Vet Surg 30, 151-160

- KRAL, F. (1919):  
Die diagnostische Bedeutung des Laryngoskops in der Veterinärmedizin.  
Wien. tierärztl. Monatsschr. 6, 297-307, 321-329
- KRAL, F. (1951):  
Examination by endoskope.  
North Am. Vet. 91-95
- LANE, J. G. (1993):  
Equine recurrent laryngeal neuropathie (RLN):current attitudes to aetiology,  
diagnosis and treatment.  
Proceedings on the 15th Bain-Fallon Memorial Lectures, Aust. equine vet. Ass. 173-  
192
- LANE, J. G. (2004):  
5-Point Grading System Of Laryngeal Function In Horses During Quiet Breathing.  
In: Workshop on Equine laryngeal neuropathie, Stratford-upon-Avon, UK, 24-25
- LANE, J. G., B. BLADON, D. R. LITTLE, J. R. NAYLOR u. S. H. FRANKLIN (2006a):  
Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 1: observations  
during high-speed treadmill endoscopy of 600 Thoroughbred racehorses.  
Equine veterinary journal 38, 393-399
- LANE, J. G., B. BLADON, D. R. LITTLE, J. R. NAYLOR u. S. H. FRANKLIN (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 veterinary journal 38, 401-407
- LANE, J. G., D. R. ELLIS u. T. R. C. GREET (1987):  
Observations on the examination of Thoroughbred yearlings for idiopathic laryngeal  
hemiplegia.  
Equine vet. J. 19, 531-536
- LINDEGAARD, C., L. HUSTED, H. ULLUM u. J. FJELDBORG (2007):  
Sedation with detomidine and acepromazine influences the endoscopic evaluation of  
laryngeal function in horses.  
Equine veterinary journal 39, 553-556
- LINFORD, R. L., T. R. O'BRIEN, J. D. WHEAT u. D. M. MEAGHER (1983):  
Radiographic assessment of epiglottic length and pharyngeal and laryngeal  
diameters in the Thoroughbred.  
American journal of veterinary research 44, 1660-1666
- MACKAY-SMITH, M. P. u. D. MARKS (1968):  
Clinical diagnosis of laryngeal hemiplegia in horses.

Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 14, 227-238

MANOHAR, M. (1986):

Right heart pressures and blood-gas tensions in ponies during exercise and laryngeal hemiplegia.

Am J Physiol 251, H121-126

MANOHAR, M., T. E. GOETZ u. D. NGANWA (1988):

Costal diaphragmatic O<sub>2</sub> and lactate extraction in laryngeal hemiplegic ponies during exercise.

J Appl Physiol 65, 1723-1728

MARKS, D., M. P. MACKAY-SMITH, L. S. CUSHING u. J. A. LESLIE (1970a):

Etiology and diagnosis of laryngeal hemiplegia in horses.

Journal of the American Veterinary Medical Association 157, 429-436

MARKS, D., M. P. MACKAY-SMITH, L. S. CUSHING u. J. A. LESLIE (1970b):

Observations on laryngeal hemiplegia in the horse and treatment by abductor muscle prosthesis.

Equine veterinary journal 2, 159-167

MARTIN, B. B., JR., V. B. REEF, E. J. PARENTE u. A. D. SAGE (2000):

Causes of poor performance of horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992-1996).

Journal of the American Veterinary Medical Association 216, 554-558

MAYHEW, I. G. (2004):

Neurology of recurrent laryngeal neuropathie and the thoraco-laryngeal reflex.

In: Workshop on Equine laryngeal neuropathie, Stratford-upon-Avon, 5-8

MCCLUSKIE, L. K., A. G. MERRIAM u. S. H. FRANKLIN (2006):

A histological examination of the aryepiglottic folds.

In: 45th BEVA Congress, 322

MÖLLER, H. (1888):

Das Kehlkopfpeifen der Pferde (Hemiplegia laryngis) und seine operative Behandlung.

Verlag Enke, Stuttgart

MOORE, M. P., F. ANDREWS, S. M. REED u. B. D. GRANT (1988):

Electromyographic evaluation of horses with laryngeal hemiplegia.

J. Equine vet. Science 8, 424-427

MORRIS, E. A. u. H. J. SEEHERMAN (1990):

Evaluation of upper respiratory tract function during strenuous exercise in racehorses.

Journal of the American Veterinary Medical Association 196, 431-438

- MORRIS, E. A. u. H. J. SEEHERMANN (1991):  
Clinical evaluation of poor performance in the racehorse: the result of 275 evaluations.  
Equine veterinary journal 23, 169-174
- NEWSHAM, K. R., B. K. KLABEN, V. J. MILLER u. J. E. SAUNDERS (2002):  
Paradoxical Vocal-Cord Dysfunction: Management in Athletes.  
Journal of athletic training 37, 325-328
- NEWTONCLARKE, M. J., T. J. DIVERS u. B. A. VALENTINE (1994):  
Evaluation of the Thoraco-Laryngeal Reflex (Slap Test) as an Indicator of Laryngeal Adductor Myopathy in the Horse.  
Equine veterinary journal 26, 355-357
- OHNESORGE, B. (1990)  
Hemiplegia laryngis bei Warmblutpferden - eine Untersuchung an Hengsten, Stuten und deren Nachkommen -  
Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss. Med. vet.,
- OHNESORGE, B., E. DEEGEN u. W. JÖCHLE (1991):  
Zur Wirkung des Sedativums und Analgetikums Detomidin im Rahmen der Laryngoskopie von erwachsenen Pferden und Fohlen.  
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 104, 340-346
- PARENTE, E. J. (2004):  
Treadmill endoscopy.  
Equine Veterinary Education 16, 250-254
- PARENTE, E. J. u. B. B. MARTIN (1995):  
Correlation between standing endoscopic examination and those made during high-speed exercise in horses: 150 cases.  
Am. Ass. Equine Pract. Proc. 41, 170-171
- PARENTE, E. J., B. B. MARTIN u. E. P. TULLENERS (1998):  
Epiglottic retroversion as a cause of upper airway obstruction in two horses.  
Equine veterinary journal 30, 270-272
- PARENTE, E. J., B. B. MARTIN, E. P. TULLENERS u. M. W. ROSS (1994):  
Upper respiratory dysfunction in the horse during high-speed exercise.  
Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 40, 81-82
- PARENTE, E. J., B. B. MARTIN, E. P. TULLENERS u. M. W. ROSS (2002):  
Dorsal displacement of the soft palate in 92 horses during high-speed treadmill examination (1993-1998).  
Vet Surg 31, 507-512

PASCOE, J. R. (1981):

The selection, care and use of flexible fibre optic endoscopes in equine practice.  
In: Symposium on Surgery and Diseases of oral Cavity and Respiratory Tract, 400-443

PIERCY, R., C. GATH, E. POWELL, C. MASSEY, R. STANLEY, S. BARAKZAI u. J. PERKINS (2009):

Examining the Association Between Resting Endoscopic Grade of Recurrent Laryngeal Neuropathie and Both Objective and Subjective Histopathological Assessment of the Laryngeal Intrinsic Musculature.  
In: 4th World Equine Airways Symposium, Berne, Switzerland, 123-126

POLANSKY u. SCHINDELKA (1889):

Die Rhinoskopie und Laryngoskopie an Pferden.  
Österr. Zschr. wiss. Veterinärkunde 3, 1-51

POLLOCK, P. J., R. J. REARDON, T. D. PARKIN, M. S. JOHNSTON, J. TATE u. S. LOVE (2009):

Dynamic respiratory endoscopy in 67 Thoroughbred racehorses training under normal ridden exercise conditions.  
Equine veterinary journal 41, 354-360

RAKESTRAW, P. C., R. P. HACKETT, N. G. DUCHARME, G. J. NIELAN u. H. N. ERB (1991):

Arytenoid cartilage movement in resting and exercising horses.  
Vet Surg 20, 122-127

RAPHEL, C. F. (1982):

Endoscopic findings in the upper respiratory tract of 479 horses.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 181, 470-473

REUTTER, H., R. STRAUB u. H. GERBER (1994):

Diagnostik der idiopathischen Hemiplegia laryngis (IHL) beim Pferd:  
Videoendoskopische Untersuchungen in Ruhe und während Atemstimulation.  
Pferdeheilkunde 10 (6) 397-405

RICKETTS, S. W. (1986):

Clinical experience with Domosedan in equine practice in newmarket.  
Acta veterinaria Scandinavica 82, 197-201

RUNDELL, K. W. u. B. A. SPIERING (2003):

Inspiratory stridor in elite athletes.  
Chest 123, 468-474

- SCHEBITZ, H. (1965):  
[Laryngeal hemiplegia (laryngeal whistle) in the horse--examination and surgical result].  
Dtsch Tierarztl Wochenschr 72, 548-553
- SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. (1996):  
Review of respiratory noises ("Kehlkopfpfeifer") in the horse.  
Pferdeheilkunde 12 (4), 698-702
- STICK, J. A., J. G. PELOSO, J. P. MOREHEAD, J. LLOYD, S. EBERHART, P. PADUNGTOD u. F. J. DERKSEN (2001):  
Endoscopic assessment of airway function as a predictor of racing performance in Thoroughbred yearlings: 427 cases (1997-2000).  
Journal of the American Veterinary Medical Association 219, 962-967
- STRAND, E., C. T. FJORDBAKK, S. J. HOLCOMBE, A. RISBERG u. H. J. CHALMERS (2009):  
Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses.  
Equine veterinary journal 41, 59-64
- SWEENEY, C. R., A. D. MAXSON u. L. R. SOMA (1991):  
Endoscopic findings in the upper respiratory tract of 678 Thoroughbred racehorses.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 198, 1037-1038
- TAN, R. H., B. A. DOWLING u. A. J. DART (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, L. P., W. T. CORBETT, B. J. BISHOP u. J. H. FOREMAN (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
- TESSIER, C., S. J. HOLCOMBE, F. J. DERKSEN, C. BERNEY u. D. BORUTA (2004):  
Effects of stylopharyngeus muscle dysfunction on the nasopharynx in exercising horses.  
Equine veterinary journal 36, 318-323
- TETENS, J., J. D. HUBERT, A. L. EDDY u. R. M. MOORE (2000):  
Dynamic tracheal collapse as a cause of exercise intolerance in a thoroughbred.  
Journal of the American Veterinary Medical Association 216, 722-724, 685

V. OPPEN, T. u. B. OHNESORGE (2002):

Laufband-Endoskopischer Nachweis der Epiglottisretroversion beim Pferd.

In: 17. DVG-Tagung der Fachgruppe Pferdekrankheiten, Hannover, 145-147

VALDES-VAZQUEZ, M. A., E. AGUILERA-TEJERO u. R. MAYER-VALOR (1995):

Effect of xylazine during endoscopic evaluation of funktional respiratory disorders in horses.

Am. Ass. Equine Pract. Proc. 41, 45-46

WEISHAUPT, M. A., R. VOGT, A. FÜRST u. J. AUER (2004):

Spirometric and endoskopie assesment of surgical treatment in horses with laryngeal hemiplegia.

In: Workshop on Equine laryngeal neuropathie, Stratford-upon-Avon, UK, 81-82

ZELLER, R. (1973):

Kehlkopfpeifen: Diagnose, Differentialdiagnose, forensische Bedeutung.

Tierärztliche Praxis 1, 163-168

## Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. B. Ohnesorge für die Überlassung des interessanten Themas und die hervorragende Betreuung in allen Phasen dieser Arbeit.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. A. C. Barton für ihre Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. K. Rohn aus dem Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse dieser Arbeit.

Danken möchte ich Tilman für seine Beratung bei der elektronischen Datenverarbeitung und allen weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Pferde für die gute Zusammenarbeit und die schöne Zeit an der Pferdeklinik.

Herzlich danke ich Beate für ihre Hilfe bei allen computerbezogenen Fragen und ihre liebevolle Unterstützung an guten wie auch schlechten Tagen.

Der größte Dank aber gebührt meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben und mich in aufopferungsvoller Weise in jedem Lebensabschnitt unterstützen.