

# Klinischer Verlauf sowie Herzfrequenz und pulmonale Funktionen bei thorakoskopischen Eingriffen am stehenden sedierten Pferd – Teil 1: Klinischer Verlauf, Herzfrequenz und Blutgase

Doreen Scharner, Jeanette Theißen und James Ferguson

Chirurgische Tierklinik, Veterinärmedizinischen Fakultät, Universität Leipzig

## Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluss der Thorakoskopie am stehenden Pferd auf die Herzfrequenz und ausgewählte Parameter der Blutgase unter sedativer und analgetischer Wirkung von Romifidin und Levomethadon zu ermitteln. Hierzu wurden an zehn gesunden Pferden im Alter von vier bis 22 Jahren jeweils drei Untersuchungen vorgenommen. Die erste Untersuchung erfolgte ausschließlich unter dem Einfluss der für die Sedation und Analgesie verwendeten Pharmaka Romifidin und Levomethadon. Die gewonnenen Daten dienten dazu, in der Auswertung die Wirkungen der Medikamente von denen der Thorakoskopie differenzieren zu können. Die zweite Untersuchung wurde unter einer rechtsseitigen und die dritte unter einer linksseitigen Thorakoskopie der Pferde vorgenommen. Zu 7 Messzeitpunkten wurden klinischer Verlauf, Herzfrequenz, arterieller Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck sowie arterieller pH-Wert bestimmt. Dabei entsprachen die Messzeitpunkte 1 bis 4 dem Zeitraum vor der Thorakoskopie, die Messzeitpunkte 5 und 6 dem Zeitraum während der Thorakoskopie und der Messzeitpunkt 7 dem Zeitraum nach der Thorakoskopie. In der statistischen Auswertung zeigte sich, dass zwischen den Messwerten der links- und rechtsseitigen Thorakoskopien keine signifikanten Unterschiede bestanden, so dass alle Messwerte zusammengefasst wurden. Während der Thorakoskopie zeigten die Pferde neben den typischen Anzeichen einer Sedation in einem Fall Husten und in fünf Fällen eine angestrenzte Atmung. Die Mittelwerte der Herzfrequenzen lagen bei den sedierten und thorakoskopierten Pferden zu den Messzeitpunkten 5 und 6 signifikant über denen der nur sedierten Tiere ( $31,9 \pm 3,8 \text{ min}^{-1}$  bzw.  $28,2 \pm 4,1 \text{ min}^{-1}$  und  $35,6 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$  bzw.  $28,7 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$ ). Während der thorakoskopischen Untersuchungen kam es zu einem Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks, wobei die niedrigsten Werte zu den Messzeitpunkten 5 und 6 zu verzeichnen waren. Zu diesen beiden Messzeitpunkten lagen die Mittelwerte des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks signifikant niedriger bei den sedierten und thorakoskopierten Pferden als bei den lediglich sedierten Tieren ( $10,98 \pm 1,02 \text{ kPa}$  bzw.  $12,65 \pm 0,63 \text{ kPa}$  und  $9,82 \pm 0,77 \text{ kPa}$  bzw.  $13,37 \pm 0,53 \text{ kPa}$ ). Der arterielle Kohlendioxidpartialdruck sowie der arterielle pH-Wert zeigten während der thorakoskopischen Untersuchungen nur minimale Schwankungen. Die Thorakoskopie an gesunden, sedierten Pferden wurde von den Tieren gut toleriert. Die über den Untersuchungszeitraum erfassten Parameter veränderten sich nur geringgradig. Bei keinem Pferd trat ein kritischer Zustand auf. Während der Thorakoskopie fiel der arterielle Sauerstoffpartialdruck vorübergehend ab, so dass während einer Thorakoskopie beim Patienten die Kontrolle der Blutgase empfohlen wird.

**Schlüsselwörter:** Pferd / Lunge / Thorakoskopie / Blutgase / Herzfrequenz / pulmonale Funktion

## Clinical course, heart rate and pulmonary functions during thoracoscopy in the standing horse – part 1: clinical, heart rate and blood gases

The objective of this study was to determine the influence of thoracoscopy on the standing horse in relation to heart rate and selected blood gas parameters under sedation and analgesia with Romifidin and Levomethadon. Measurements were conducted in ten healthy horses aged from four to 22 years in three ways. The first measurements were performed to evaluate the animals in regard to the sedative and analgesic effects of the pharmaceuticals Romifidin and Levomethadon alone. These results were then used as a baseline to compare the effects of thoracoscopy under Romifidine and Levomethadon on selected clinical parameters. The second measurements were taken during thoracoscopy performed from the right side and the third set of measurements was taken during a thoracoscopy via a left sided approach. Heart rate, arterial partial pressure of oxygen, arterial partial pressure of carbon dioxide, arterial pH values and other clinical parameters were collected at seven fixed time points. Time points 1 to 4 corresponded to the pre-thoracoscopic period, time points 6 and 6 to the period during thoracoscopy and time point 7 was directly after thoracoscopy. Statistical evaluation indicated that there were no significant differences between the right and left thoracoscopic measurements which allowed values from both sides to be combined. During the thoracoscopy the horses demonstrated typical signs of sedation, one horse began coughing and five had laboured breathing. The mean heart rate of sedated plus thoracoscopy horses were significantly above that of the sedated horses at intervals five and six ( $31.9 \pm 3.8 \text{ min}^{-1}$  respectively  $28.2 \pm 4.1 \text{ min}^{-1}$  and  $35.6 \pm 4.7 \text{ min}^{-1}$  respectively  $28.7 \pm 4.7 \text{ min}^{-1}$ ). Horses undergoing thoracoscopy had a drop in arterial partial pressure of oxygen with the lowest value noted at measurement points five and six. At these two points the arterial partial oxygen pressure was significantly lower in the sedated and thoracoscopied horses as in the simply sedated horses ( $10.98 \pm 1.02 \text{ kPa}$  respectively  $12.65 \pm 0.63 \text{ kPa}$  and  $9.82 \pm 0.77 \text{ kPa}$  respectively  $13.37 \pm 0.53 \text{ kPa}$ ). The arterial partial carbon dioxide pressure and the arterial pH values did not fluctuate to any extent during the thoracoscopic procedure. Thoracoscopy in healthy, sedated horses seems to be well tolerated. During the duration of these procedures the selected parameters were only slightly altered. No horse showed any signs of a critical condition. There was a temporal decrease of the arterial oxygen partial pressure during thoracoscopy. Therefore a blood gas monitoring is recommended.

**Keywords:** horse / lung / thoracoscopy / blood gases / heart rate / pulmonary function

## Einleitung

Die Thorakoskopie stellt eine minimal-invasive endoskopische Untersuchungstechnik dar, die es erlaubt, die Pleurahöhle visuell zu examinieren. Sie ist sowohl für diagnostische Zwecke als auch für minimal-invasive Eingriffe geeignet. Die ersten thorakoskopischen Untersuchungen wurden beim Pferd Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts erfolgreich durchgeführt (Mackey und Wheat 1985, Mansmann und Bernard-Strother 1985). Danach folgten Berichte über den Einsatz der Thorakoskopie zur Diagnostik verschiedener thorakaler Erkrankungen (Ford et al. 1987, Rossier et al. 1990, Mueller et al. 1992, Pollock und Russell 2006) sowie zum therapeutischen Einsatz (Vachon und Fischer 1998, Malone et al. 2001).

Im Rahmen der Thorakoskopie kommt es durch Aufhebung des intrapleurales Unterdrucks zu einem Kollaps der Lunge, was wiederum zur Beeinflussung der physiologischen Herzkreislauf- und Lungenfunktion führt. Bisher liegen nur wenige Angaben darüber vor, welche Auswirkungen der Pneumothorax im Rahmen einer Thorakoskopie auf die Herzkreislauf- und Atemfunktionen beim Pferd besitzt (Peroni et al. 2000, Relave et al. 2008).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Einflüsse der Thorakoskopie am stehenden sedierten Pferd auf den klinischen Verlauf, die Herzfrequenz sowie die Blutgase festzustellen. An zehn Pferden wurde hierzu eine rechts- und eine linksseitige Thorakoskopie durchgeführt. Die Wirkungen der verwendeten Medikamente sollten dabei von denen der Thorakoskopie differenziert werden.

## Tiere, Material und Methoden

### Tiere

Im Rahmen eines genehmigten Tierversuchsantrages (TVV-Nr. 8/00) wurden an zehn Pferden eine rechts- sowie linksseitige Thorakoskopie durchgeführt. Es wurden nur Pferde einbezogen, deren Herz-Kreislauf-System und Respirationstrakt klinisch unauffällig waren und deren Blutbilder keine Besonderheiten aufwiesen. Bei diesen Pferden handelte es sich um acht Warmblüter und zwei Vollblüter. Das Alter der Tiere lag zwischen vier und 22 Jahren ( $\bar{x}$  11,1). Nähere Angaben zu den Pferden sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**Tab. 1** Zusammenfassung des Probandengutes / Summary of horses

Pferde	Rasse	Geschlecht	Gewicht	Alter	Stockmaß
1	Vollblut	Stute	453	10	158
2	Warmblut	Stute	580	22	162
3	Warmblut	Stute	412	12	152
4	Vollblut	Wallach	510	7	160
5	Warmblut	Stute	590	13	167
6	Warmblut	Stute	595	16	163
7	Warmblut	Stute	475	10	153
8	Warmblut	Stute	602	9	166
9	Warmblut	Stute	505	4	161
10	Warmblut	Wallach	560	8	168

## Thorakoskopie

Die Tiere befanden sich während der Thorakoskopie in einem Zwangsstand. Um eine ausreichende Sedation und Analgesie zu erreichen, wurde den Pferden 0,08 mg/kg KG Romifidin (Sedivet®; Fa. Boehringer Ingelheim) sowie 0,1 mg/kg KG Levomethadon (L-Polamivet®; Fa. Intervet) intravenös verabreicht. Im Bereich der Hautschnitte erfolgte eine Infiltrationsanästhesie mit jeweils 5 ml 2 %igem Lidocain (Fa. Albrecht).

Die thorakoskopischen Untersuchungen des Brusttraumes wurden, wie von Scharner (2012) beschrieben, vorgenommen. Über einen zuvor angebrachten Hautschnitt wurde eine Zitzenkanüle in den Brustkorb eingeführt. Durch das Einströmen der Raumluft über die Zitzenkanüle kollabierte die ipsilaterale Lungenseite, was ein sicheres Einführen der Trokar-Hülsen-Einheit ermöglichte. Zum Ende der Thorakoskopie wurde über einen Chirurgie-Sauger, der an den Insufflationsanschluss der Trokarhülle angebracht wurde, die Luft aus der Brusthöhle entfernt und somit wieder ein Unterdruck erzeugt. Den Pferden wurden präoperativ 1,1 mg/kg KG Flunixin-Meglumin (Finadyne®RP; Fa. Intervet) intravenös und Tardomycel®com.III; Fa. Beyer in einer Dosierung von 4 ml/100 kg KG bzw. 400.000 I.E. Benzylpenicillin-Benzathin, 100.000 I.E. Benzylpenicillin-Procaïn und 500 mg Dihydrostreptomycin pro 100 kg KG intramuskulär verabreicht.

### Einteilung der Messreihen

Bei jedem Pferd wurden drei Untersuchungen vorgenommen. Die Ergebnisse wurden den folgenden zwei Messreihen zugeordnet:

#### Messreihe A (Sedation)

Alle Tiere wurden mindestens vier Tage vor dem minimal-invasiven Eingriff unter dem Einfluss von Sedivet® und L-Polamivet® nach dem im Folgenden beschriebenen Versuchsablauf gemessen. Diese Untersuchungsergebnisse dienten der Ermittlung von Ausgangswerten, um die Auswirkungen der Medikamente von denen der Thorakoskopie differenzieren zu können.

#### Messreihe B (Sedation und Thorakoskopie)

Bei jedem Pferd wurde zuerst eine rechts- und später eine linksseitige Thorakoskopie durchgeführt. Um eine mögliche

Beeinflussung der ersten Messung weitgehend auf die nachfolgende auszuschließen, betrug der Abstand zwischen den beiden Thorakoskopien mindestens sieben Tage.

### Zeitplan des Versuchsablaufes

Die gesamten Untersuchungen fanden aufgrund der zirkadianen Schwankungen der Atmungsmechanik (Stadler 1983, Stadler et al. 1985) stets in der Zeit von 14 bis 16 Uhr statt. Der Zeitplan des Versuchsablaufes ist der Abbildung 1 zu entnehmen. Dabei wurden die ersten Messungen vor der Medikamentenapplikation vorgenommen. Die Messzeitpunkte 2, 3 und 4 entsprechen dem Zeitraum nach der Sedation, wohingegen die Messzeitpunkte 5 und 6 den Zeitraum während und der Messzeitpunkt 7 den Zeitraum nach der Thorakoskopie repräsentieren.

### Messmethoden

#### Klinischer Verlauf

Während der gesamten Thorakoskopie standen die Pferde unter ständiger Beobachtung. Auffälligkeiten wurden mit zeitlich exakter Zuordnung im Computer vermerkt. Weiterhin wurden die Schleimhäute sowie die Kapillarrückfüllzeit regelmäßig kontrolliert und protokolliert.

Bei der thorakoskopischen Untersuchung wurde insbesondere auf die Entstehung eines beidseitigen Pneumothoraxes geachtet. Durch das Absinken des hinter dem Mediastinum liegenden kontralateralen Lungenflügels konnte ein beidseitiger Pneumothorax zweifelsfrei erkannt werden.

### Gemessene Parameter

In Tabelle 2 sind die gemessenen und ausgewerteten Parameter aufgelistet.

#### Herzfrequenz (Hf)

Die Ermittlung der Herzfrequenz erfolgte durch eine bipolare Brustwandableitung über das EKG. Sie wurde kontinuierlich gemessen (Critikon® Dinamap™ PLUS, Johnson & Johnson) und durch den angeschlossenen Computer in Intervallen von zehn Sekunden gespeichert.

#### Arterielle Blutgase und pH-Wert

Zur arteriellen Blutentnahme am unsedierten Pferd wurde die Arteria carotis externa auf der rechten Halsseite handbreit oberhalb der Apertura thoracis in der Drosselrinne punktiert.

Beim sedierten Pferd wurden die arteriellen Blutentnahmen entweder an der Arteria transversa faciei, an der Arteria facialis oder am Ramus massetericus der Arteria carotis externa durchgeführt. Nach Desinfektion der Stichstelle erfolgte die Probenentnahme mit einer heparinisierten Spritze unter möglichst anaeroben Bedingungen. Um lagerungsbedingte Messwertveränderungen zu vermeiden (Lieske et al. 1981), wurden die Proben unmittelbar nach der Entnahme durch ein Blutgasanalysegerät (Blutgasanalysator STAT profile 3,7®, Firma NOVA Biomedical) unter Berücksichtigung der aktuellen Körpertemperatur und des individuellen Hämoglobingehalts bestimmt.

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS® 18. Die Prüfung auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test bestätigte das Vorliegen der Normalverteilung der Daten. Der Vergleich der Messdaten zwischen links- und rechtsseitiger Thorakoskopie erfolgte mit dem gepaarten

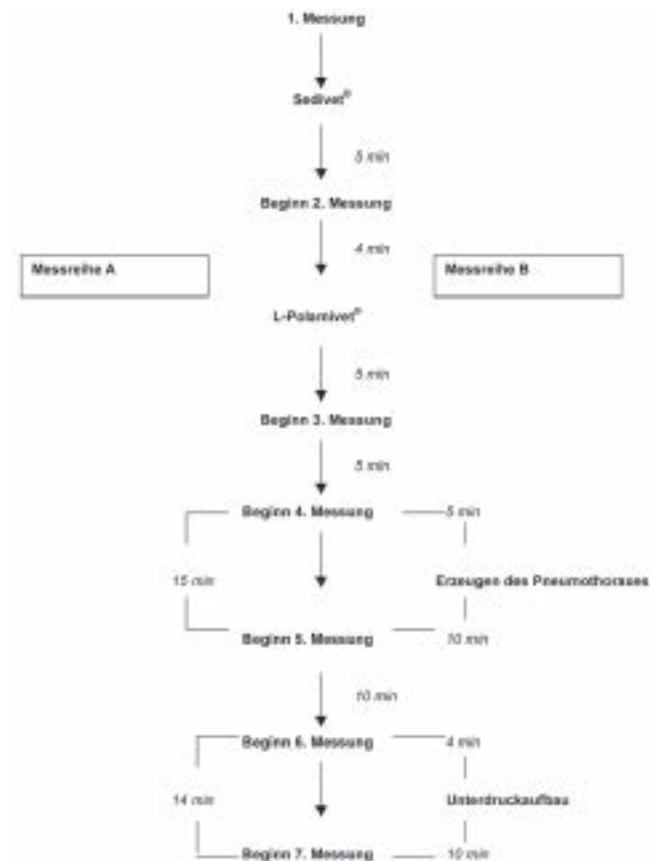


Abb. 1 Zeitplan  
Data collection protocol

Tab. 2 Gemessene Parameter, Abkürzungen und Maßeinheit / Measured parameters, abbreviations and units

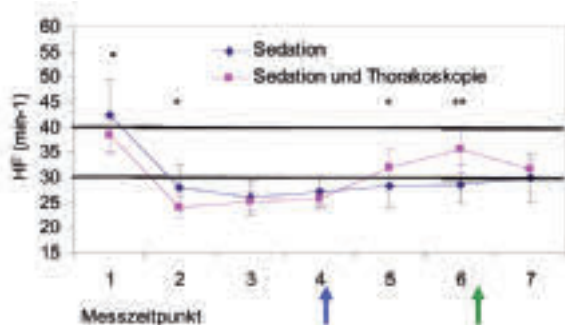
Parameter	Symbol	Einheit
Herzfrequenz	Hf	min <sup>-1</sup>
Arterieller Sauerstoffpartialdruck	PaO <sub>2</sub>	kPa
Arterieller Kohlendioxidpartialdruck	PaCO <sub>2</sub>	kPa
Arterieller pH-Wert	pH	-

t-Test. Es bestand bei keinem der Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen der Thorakoskopie der rechten und der linken Seite. Aufgrund dieses Ergebnisses fand bei der anschließenden Auswertung keine Differenzierung zwischen links- und rechtsseitiger Thorakoskopie statt. Alle Messergebnisse der Thorakoskopien wurden somit in der Messreihe B zusammengefasst. Es wurden die Mittelwerte der einzelnen Parameter sowie die Standardabweichung berechnet. Da dieselben Pferde für die Messreihe A und B genutzt wurden, erfolgte die Signifikanzprüfung der gepaarten Differenzen mit dem gepaarten t-Test. Die Messwerte innerhalb der Messreihe B wurden auf signifikante Unterschiede zwischen dem Messzeitpunkt 4 und den nachfolgenden Messzeitpunkten mit dem gepaarten t-Test geprüft. Die p-Werte wurden nach dem Bonferroni-Holm-Verfahren adjustiert.

## Ergebnisse

### Klinischer Verlauf

Die in den Messreihen beobachteten Auffälligkeiten sind in der Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt. Das klinische Bild der Messreihe B entsprach bis zum Beginn der Thorakoskopien dem der Messreihe A. Ein bis drei Minuten nach Applikation von Romifidin traten bei allen Tieren Anzeichen einer Sedation auf. Durch Verabreichung von Levomethadon wurde die Sedation verstärkt. Das Stehvermögen blieb bei allen Tieren zu jedem Zeitpunkt erhalten. Als Nebenwirkungen der



**Abb. 2** Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz der sedierten Pferde (Messreihe A) und der sedierten und thorakoskopierte Pferde (Messreihe B), der blaue Pfeil markiert den Beginn und der grüne Pfeil das Ende der Thorakoskopie in der Messreihe B, \*entspricht  $p \leq 0,05$ , \*\*entspricht  $p \leq 0,01$

Mean and standard deviation of the heart rate of sedated horses (measurement A) and sedated plus thoracoscopy horses (measurement B). The blue arrow indicates the beginning and the green arrow the end of the thoracoscopy in measurement B, \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$

**Tab. 3** Klinische Befunde / Clinical findings

Messzeitpunkt	Messreihe A	Messreihe B
1	k. A.	k. A.
2	Anzeichen einer Sedation	Anzeichen einer Sedation
3	Sedation verstärkt	Sedation verstärkt
4	k. A.	k. A.
5	k. A.	1 x Husten
6	k. A.	5 x angestrenzte Atmung
7	Nachlassen der Sedation	Nachlassen der Sedation

k. A.: keine Auffälligkeiten

Sedation war bei einigen Pferden vermehrtes Schwitzen, Harnabsatz und bei männlichen Tieren ein Penisprolaps zu beobachten. Die meisten Pferde zeigten während des Entstehens des Pneumothorax eine bereits klinisch sichtbare vermehrte Thoraxekursion über einige Atemzüge. In einem Fall war während der Thorakoskopie ein leichter Husten zu beobachten. In fünf Fällen war zum Ende der Thorakoskopie eine angestrenzte Atmung zu verzeichnen, die sich aber unmittelbar nach Wiederaufbau des Unterdruckes normalisierte. Ein beidseitiger Pneumothorax wurde während der rechtsseitigen Thorakoskopie bei sechs Pferden und während der linksseitigen Thorakoskopie bei einem Pferd beobachtet.

### Gemessene Parameter

#### Herzfrequenz (Hf)

Die Mittelwerte der Herzfrequenz inklusive der Standardabweichungen der Messreihen A und B zu den verschiedenen Messzeitpunkten sind in Abbildung 2 dargestellt. Beim Vergleich der Mittelwerte der Messreihen A und B untereinander ergaben sich signifikante Unterschiede zu den Messzeitpunkten 1 und 2 sowie 5 und 6. So lag der Mittelwert der Herzfrequenz in der Messreihe B zum Messzeitpunkt 5 signifikant ( $p=0,02$ ) über dem der Messreihe A ( $31,9 \pm 3,8 \text{ min}^{-1}$  bzw.  $28,2 \pm 4,1 \text{ min}^{-1}$ ). Zum Messzeitpunkt 6 war der Unterschied zwischen den Messreihen noch deutlicher ( $35,6 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$  bzw.  $28,7 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$ ;  $p=0,004$ ).

Bei Betrachtung der Mittelwerte der Herzfrequenzen zu den verschiedenen Messzeiten der Messreihe B ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten 4 und 5, 4 und 6 sowie 4 und 7. Der Mittelwert der Herzfrequenz lag zum Messzeitpunkt 4 ( $25,7 \pm 2,0 \text{ min}^{-1}$ ) signifikant ( $p \leq 0,01$ ) niedriger als zu den Messzeitpunkten 5 ( $31,9 \pm 3,8 \text{ min}^{-1}$ ), 6 ( $35,6 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$ ) und 7 ( $31,6 \pm 2,0 \text{ min}^{-1}$ ).

#### Arterieller Sauerstoffpartialdruck ( $\text{PaO}_2$ )

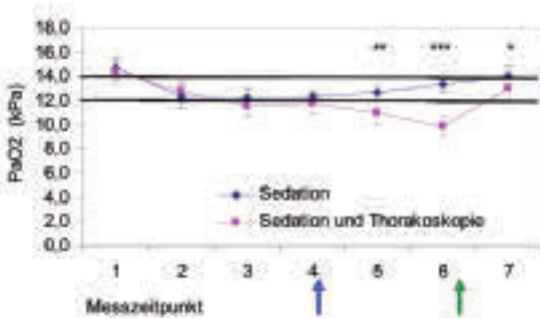
In Abbildung 3 sind für den arteriellen Sauerstoffpartialdruck die Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardabweichungen der beiden Messreihen graphisch dargestellt. Der Vergleich der Mittelwerte der Messreihen A und B untereinander ergab signifikante Unterschiede zu den Messzeitpunkten 5, 6 und 7. Zum Messzeitpunkt 5 lag der Mittelwert des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks signifikant ( $p=0,002$ ) niedriger in der Messreihe B ( $10,98 \pm 1,02 \text{ kPa}$ ) als in der Messreihe A ( $12,65 \pm 0,63 \text{ kPa}$ ). Zum Messzeitpunkt 6 war der Unterschied zwischen Messreihe

A und B wesentlich deutlicher ( $13,37 \pm 0,53$  kPa und  $9,82 \pm 0,77$  kPa;  $p=0,0001$ ). Zu diesem Messzeitpunkt betrug das Minimum 8,4 kPa und das Maximum 10,4 kPa. Zum Messzeitpunkt 7 stieg der arterielle Sauerstoffpartialdruck bei den Pferden der Messreihe B wieder an. Der Unterschied zwischen den Messreihen war allerdings noch signifikant ( $14,08 \pm 0,82$  kPa bzw.  $12,98 \pm 1,14$  kPa;  $p=0,02$ ).

Bei Betrachtung der Mittelwerte des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks zu den verschiedenen Messzeiten in der Messreihe B ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten 4 und 5 ( $p \leq 0,05$ ) sowie zwischen den Messzeitpunkten 4 und 6 ( $p \leq 0,01$ ). Zwischen den Messzeitpunkten 4 und 7 war kein signifikanter Unterschied mehr feststellbar.

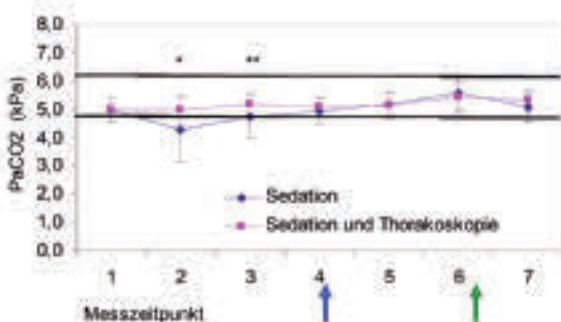
### Arterieller Kohlendioxidpartialdruck (PaCO<sub>2</sub>)

Die Abbildung 4 zeigt für den arteriellen Kohlendioxidpartialdruck die Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardabwei-



**Abb. 3** Mittelwerte und Standardabweichungen des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks der sedierten Pferde (Messreihe A) und der sedierten und thorakoskopierte Pferde (Messreihe B), der blaue Pfeil markiert den Beginn und der grüne Pfeil das Ende der Thoraskopie in der Messreihe B, \*entspricht  $p \leq 0,05$ , \*\*entspricht  $p \leq 0,01$ , \*\*\*entspricht  $p \leq 0,001$

Mean and standard deviation of the arterial partial pressure of oxygen of sedated horses (measurement A) and sedated plus thoracoscopy horses (measurement B). The blue arrow indicates the beginning and the green arrow the end of the thoracoscopy in measurement B, \*  $p \leq 0.05$ , \*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*\*  $p \leq 0.001$



**Abb. 4** Mittelwerte und Standardabweichungen des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks der sedierten Pferde (Messreihe A) und der sedierten und thorakoskopierte Pferde (Messreihe B), der blaue Pfeil markiert den Beginn und der grüne Pfeil das Ende der Thoraskopie in der Messreihe B, \*entspricht  $p \leq 0,05$ , \*\*entspricht  $p \leq 0,01$

Mean and standard deviation of the arterial partial pressure of carbon dioxide of sedated horses (measurement A) and sedated plus thoracoscopy horses (measurement B). The blue arrow indicates the beginning and the green arrow the end of the thoracoscopy in measurement B, \*  $p \leq 0.05$ , \*\*  $p \leq 0.01$

chungen auf. Der Vergleich der Mittelwerte der Messreihen A und B untereinander ergab signifikante Unterschiede zu den Messzeitpunkten 2 und 3. In der Messreihe A lag der Mittelwert des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks zum Messzeitpunkt 2 signifikant ( $p=0,04$ ) niedriger als in der Messreihe B ( $4,30 \pm 1,16$  kPa bzw.  $4,96 \pm 0,48$  kPa). Zum Messzeitpunkt 3 war der Unterschied noch deutlicher ( $4,74 \pm 0,74$  kPa bzw.  $5,20 \pm 0,39$  kPa;  $p=0,01$ ). Zu den Messzeitpunkten 5, 6 und 7 wurden zwischen den Messreihen keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Bei Betrachtung der Mittelwerte des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks zu den verschiedenen Messzeiten in der Messreihe B ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

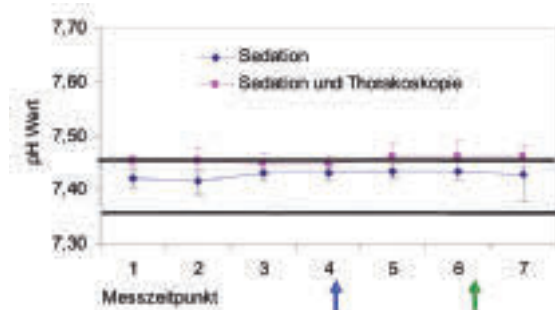
### Arterieller pH-Wert

Die Mittelwerte des pH-Wertes mit den dazugehörigen Standardabweichungen der beiden Messreihen sind der Abbildung 5 zu entnehmen. In beiden Messreihen waren nur geringfügige Schwankungen des pH-Wertes zu verzeichnen. Es konnte weder zwischen den Messreihen noch innerhalb der Messreihe B ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten festgestellt werden.

### Diskussion

Derzeit existieren nur wenige Angaben über die Auswirkungen thorakoskopischer Eingriffe auf die Herz-Kreislauf- und Atemfunktion des Pferdes. Im ersten Teil dieser Studie wurden die Einflüsse der Thoraskopie auf den klinischen Verlauf, die Herzfrequenz sowie die Blutgase beschrieben. Die thorakoskopischen Untersuchungen konnten bei allen zehn Pferden sicher ausgeführt werden und wurden von diesen gut toleriert.

Bei beiden Messreihen waren ein bis drei Minuten nach Applikation von Romifidin klinische Anzeichen einer Sedation und deren Nebenwirkungen zu beobachten. Diese entsprachen mit Absenkung des Kopfes, Ptosis, vermehrtem Schwitzen, Harnabsatz und bei männlichen Tieren dem Penisprolaps den Beschreibungen von Poulsen Nautrup und Keller (1989), England et al. (1992) Keller und Genzow (1994), Hamm et al. (1995) sowie Freeman und England (1999). Nach der Appli-



**Abb. 5** Mittelwerte und Standardabweichungen des pH-Wertes der sedierten Pferde (Messreihe A) und der sedierten und thorakoskopierte Pferde (Messreihe B), der blaue Pfeil markiert den Beginn und der grüne Pfeil das Ende der Thoraskopie in der Messreihe B

Mean and standard deviation of the blood pH of sedated horses (measurement A) and sedated plus thoracoscopy horses (measurement B). The blue arrow indicates the beginning and the green arrow the end of the thoracoscopy in measurement B

kation von Levomethadon wurde eine Verstärkung der Sedation verzeichnet. Die Anzeichen der sedativen Wirkung waren 40 bis 50 Minuten zu beobachten. Das Stehvermögen blieb bei allen Pferden erhalten. Dies entspricht den Ergebnissen von *Browning und Collins* (1994), die in ihren Versuchen allerdings Butorphanol anstelle von Levomethadon verwendeten. Die Dauer und Stärke der Sedation und Analgesie erwies sich für die thorakoskopischen Untersuchungen als völlig ausreichend. Einer potentiellen kardiorespiratorischen Wirkung des im L-Polamivet® enthaltenen atropinartigen Zusatzes (Fenpipamid) wurde keine gesonderte Beachtung geschenkt, da in beiden Messreihen L-Polamivet® zum Einsatz kam.

Während der Erzeugung des Pneumothorax zeigten die meisten Pferde kurzzeitig eine klinisch sichtbare erhöhte Thoraxexkursion. Dies entsprach den Beobachtungen von *Vachon und Fischer* (1998). Ein Hustenreiz wurde nur in einem Fall während einer thorakoskopischen Untersuchung beobachtet. Beim Menschen beschrieb *Fair* (1994) ebenfalls das Auftreten von Husten im Zusammenhang mit thorakoskopischen Eingriffen. Der Autor nahm als Auslöser hierfür eine Manipulation an der Lunge an. *Peroni et al.* (2001) verzeichneten bei ihren Untersuchungen lediglich bei einem Pferd während des Aufbaus des Pneumothorax einen Hustenreiz. *Vachon und Fischer* (1998) hingegen erwähnen keinen Husten im Zusammenhang mit Thorakoskopien bei Pferden. In den vorliegenden Untersuchungen muss allerdings die antitussive Wirkung des Levomethadons berücksichtigt werden. *Relave et al.* (2008) beobachteten bei ihren thorakoskopischen Untersuchungen an elf Pferden in einem Fall eine plötzliche Bewegung und führten diese auf eine zu tiefe Sedation zurück.

Die Veränderungen hinsichtlich der gemessenen Parameter waren zum einem durch die Medikamentenapplikation und zum anderen durch den mit der Untersuchung im Zusammenhang stehenden Pneumothorax bedingt. Um die Auswirkungen der Sedation und Analgesie von denen der Thorakoskopie zu differenzieren, wurde in der Messreihe A lediglich eine Applikation von Romifidin und Levomethadon vorgenommen.

Der Vergleich zwischen links- und rechtsseitiger Thorakoskopie ergab am eigenen Patientengut bei allen Parametern keine signifikanten Unterschiede, so dass die Messwerte zusammengefasst werden konnten. *Peroni et al.* (2000) führte Untersuchungen zur den pleuropulmonalen und kardiovaskulären Auswirkungen der Thorakoskopie bei gesunden Pferden durch. Neben der Bestimmung von Herzfrequenz, Blutgasen und arteriellem Blutdruck wurden Herzminutenvolumen, Herzschlagvolumen, pulmonaler arterieller Druck sowie systemischer und pulmonaler Gefäßwiderstand bestimmt. Der Vergleich zwischen rechts- und linksseitiger Thorakoskopie ergab lediglich beim arteriellen Sauerstoffpartialdruck zu einem Messzeitpunkt einen signifikanten Unterschied, was zu einer getrennten Betrachtung der links- und rechtsseitigen Messwerte bezüglich dieses Parameters führte. Zu diesem einen Messzeitpunkt lagen die Mittelwerte des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks bei der linksseitigen Thorakoskopie signifikant niedriger als bei der rechtsseitigen Untersuchung. Da dieser Messzeitpunkt zu einem zweiten thorakoskopischen Eingriff gehörte, können die Ergebnisse von *Peroni et al.* (2000) in diesem Punkt nicht mit den eigenen verglichen werden.

Nach der Applikation von Romifidin kam es bei allen Pferden zu dem in der Literatur angegebenen typischen Abfall der Herzfrequenz (*Gasthuys et al.* 1990b, *Freeman und England* 1999b). Zum Messzeitpunkt 5 und 6 lag die Herzfrequenz bei den thorakoskopierte Pferden signifikant höher als bei den nicht thorakoskopierte Tieren. Die Mittelwerte der gemessenen Herzfrequenzen während der Thorakoskopie lagen allerdings noch im physiologischen Bereich. *Peroni et al.* (2000) stellten auch einen für die Sedation typischen Abfall der Herzfrequenz bei ihren Pferden fest. Sie nutzten für ihre Eingriffe zur Sedation und Analgesie Detomidin. Allerdings wurde von den Autoren kein signifikanter Unterschied zwischen den nur sedierten Tieren und den sedierten und thorakoskopierte Pferden festgestellt. Unklar bleibt, warum zum Messzeitpunkt 1 und 2 trotz Gleichbehandlung der Pferde in diesem Zeitraum ein signifikanter Unterschied bei der Herzfrequenz beobachtet wurde. Möglicherweise kam es im Zusammenhang mit den Messungen zur Aufregung und einer damit im Zusammenhang stehenden Erhöhung der Herzfrequenz der Pferde in der Messreihe A.

Bei Betrachtung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks wurden während der Thorakoskopie zwischen den beiden Messreihen signifikante Unterschiede festgestellt. So lagen die Mittelwerte des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks zu den Messzeitpunkten 5, 6 und 7 bei den operierten Pferden signifikant niedriger als bei den Tieren, die nur sediert wurden. Dieses Ergebnis verdeutlicht den Einfluss des Pneumothorax auf die Atemfunktion. Aufgrund der schlechteren Diffusionsfähigkeit von Sauerstoff, verglichen mit Kohlendioxid, ist der arterielle Sauerstoffpartialdruck ein empfindlicher Indikator einer respiratorischen Insuffizienz (*Klein und Deegen* 1986). *Peroni et al.* (2000) stellten beim arteriellen Sauerstoffpartialdruck zu den vergleichbaren Messzeitpunkten keine signifikanten Unterschiede zwischen sedierten sowie sedierten und thorakoskopierte Pferden fest. Allerdings wurde von den Autoren während der Operation bei keinem der Patienten ein beidseitiger Pneumothorax beobachtet. Bei den eigenen Untersuchungen wurde allerdings ein beidseitiger Pneumothorax in sieben Fällen beobachtet. Dies könnte als eine mögliche Erklärung für die ermittelten Unterschiede des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks zwischen den Messreihen herangezogen werden. Bei getrennter Betrachtung der Pferde mit beidseitigem Pneumothorax wurde der niedrigste Mittelwert des Sauerstoffpartialdrucks zum Messzeitpunkt 6 mit  $9,21 \pm 1,7$  kPa ermittelt.

*Relave et al.* (2008) beobachteten bei ihren Untersuchungen einen signifikanten Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks während der Thorakoskopie, verglichen mit den Messwerten nach der Sedation der Patienten. Bei den eigenen Untersuchungen war ein ähnlicher Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks im Zusammenhang mit der Thorakoskopie zu verzeichnen.

Die Untersuchungen zum arteriellen Kohlendioxidpartialdruck ergaben lediglich zu den Messzeitpunkten 2 und 3 signifikante Unterschiede zwischen den Messreihen A und B. Warum trotz Gleichbehandlung der Tiere zu diesen beiden Messzeitpunkten ein signifikanter Unterschied zu ermitteln war, konnte nicht geklärt werden. Beachtet werden sollte, dass sich der arterielle Kohlendioxidpartialdruck während der thorakoskopischen Untersuchungen stets in den physiologischen Gren-

zen bewegte. *Peroni et al.* (2000) stellten bei ihren Untersuchungen bezüglich des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks keinen Unterschied zwischen den Pferden, die nur sediert und den Tieren die sediert und thorakoskopierte wurden, fest. Auch innerhalb der Messreihen waren, verglichen zum Ausgangswert, keine signifikanten Unterschiede ermittelt worden. Auch *Relave et al.* (2008) konnten bei ihren Untersuchungen keinen signifikanten Unterschied des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks während der Thorakoskopie, verglichen mit dem Messwerten nach der Sedation der Pferde, ermitteln.

Bei den Mittelwerten des pH-Wertes wurde weder zwischen den Messreihen A und B noch innerhalb der Messreihe B ein signifikanter Unterschied festgestellt, wobei alle Messwerte im oberen Grenzbereich lagen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten *Peroni et al.* (2000) sowie *Lugo et al.* (2002) bei ihren thorakoskopischen Untersuchungen. Aufgrund der geringen pH-Wert-Veränderungen konnte auf eine ausreichende Abatmung von Kohlendioxid in beiden Messreihen geschlossen werden. Dies wurde auch durch die Messergebnisse des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks bestätigt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die thorakoskopischen Untersuchungen bei allen zehn Pferden sicher durchgeführt werden konnten. Durch die Applikation von Romifidin und Levomethadon wurde im Zusammenhang mit der vorgenommenen Lokalanästhesie eine ausreichende Sedation und Analgesie für den Eingriff erzielt. Während der Thorakoskopie bei gesunden Pferden kam es lediglich beim arteriellen Sauerstoffpartialdruck zu Abweichungen von den für das Pferd angegebenen Grenzwerten im Sinne einer Absenkung. Die Bestimmung der Blutgase während einer Thorakoskopie beim Patienten ist daher empfehlenswert.

## Literatur

*Browning A. P.* und *Collins J. A.* (1994) Sedation of horses with romifidine and butorphanol. *Vet. Rec.* 134, 90-91

*England G. C., Clarke K. W.* und *Goossens L.* (1992) A comparison of the sedative effects of three alpha 2-adrenoceptor agonists (romifidine, detomidine and xylazine) in the horse. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 15, 194-201

*Fair J. J.* (1994) Anesthesia for thoracoscopy: an overview. *Arthrosc. Assoc. North Am. J.* 62, 133-138

*Ford T. S., Vaala W. E., Sweeney C. R., Skand D.* und *Saik J. E.* (1987) Pleuroscopic diagnosis of gastroesophageal squamous cell carcinoma in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 190, 1556-1558

*Freeman S. L.* und *England G. C.* (1999) Comparison of sedative effects of romifidine following intravenous, intramuscular, and sublingual administration to horses. *Am. J. Vet. Res.* 60, 954-959

*Gasthuys F., De Moor A.* und *Parmentier D.* (1990): Haemodynamic changes during sedation in ponies. *Vet. Res. Commun.* 14, 309-327

*Hamm D., Turchi P.* und *Jochle W.* (1995) Sedative and analgesic effects of detomidine and romifidine in horses. *Vet. Rec.* 136, 324-327

*Keller H.* und *Genzow M.* (1994) Klinische Erfahrungen mit dem neuen Sedativum Romifidin (Sedivet) beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 10, 253-258

*Klein H. J.* und *Deegen E.* (1986) Beurteilung von Blutgasparametern des arteriellen Blutes von Pferden unter besonderer Berücksichtigung der alveoloarteriellen Sauerstoffdifferenz. *Pferdeheilkunde* 2, 331-336

*Lieske R., Deegen E.* und *Fischer J.* (1981) Der Einfluss der Lagerungstemperatur und -dauer auf das Verhalten einiger Blutgasparameter im arteriellen Blut. *Prakt. Tierarzt.* 62, 477-482

*Lugo J., Stick J. A., Peroni J., Harkema J. R., Derksen F. J.* und *Robinson E. R.* (2002) Safety and efficacy of a technique for thoracoscopically guided pulmonary wedge resection in horses. *Am. J. Vet. Res.* 63, 1232-1240

*Mackey V. S.* und *Wheat J. D.* (1985) Endoscopic examination of the equine thorax. *Equine Vet. J.* 17, 140-142

*Malone E. D., Farnsworth K., Lennox T., Tomlinson J.* und *Sage A. M.* (2001) Thoracoscopic-assisted diaphragmatic hernia repair using a thoracic rib resection. *Vet. Surg.* 30, 175-178

*Mansmann R. A.* und *Bernard-Strother S.* (1985) Pleuroscopy in horses. *Mod. Vet. Pract.* 66, 9-17

*Mueller P. O. E., Morris D. D., Carmichael K. P., Henry M. M.* und *Baker J. J.* (1992) Antemortem diagnosis of cholangiocellular carcinoma in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 201, 899-901

*Poulsen Nautrup B.* und *Keller H.* (1989) Klinische Prüfung des Imino-Imidazolidin-Derivates STH2130 als Sedativum im Vergleich zu Acepromazin und als Präanästhetikum an Pferden. *Pferdeheilkunde* 3, 127-134

*Peroni J. F., Robinson N. E., Stick J. A.* und *Derksen F. J.* (2000) Pleuropulmonary and cardiovascular consequences of thoracoscopy performed in healthy standing horses. *Equine Vet. J.* 32, 280-286

*Peroni J. F., Horner N. T., Robinson N. E.* und *Stick J. A.* (2001) Equine Thoracoscopy: normal anatomy and surgical technique. *Equine Vet. J.* 33, 231-237

*Pollock P. J.* und *Russell T.* (2006) Standing thoracoscopy in the diagnosis of lymphosarcoma in a horse. *Vet. Rec.* 159, 354-356

*Relave F., David F., Leclere M., Alexander K., Bussieres G., Lavoie J. P.* und *Marcoux M.* (2008) Evaluation of a thoracoscopic technique using ligating loops to obtain large biopsies in standing healthy and heaves-affected horses. *Vet. Surg.* 37, 232-240

*Rossier Y., Sweeney C. R., Heyer G.* und *Hamir A. N.* (1990) Pleuroscopic diagnosis of disseminated hemangiosarcoma in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196, 1639-1640

*Scharner D.* (2012) Thorakoskopische Untersuchungen am stehenden sedierten Pferd – Anatomie und Technik. *Pferdeheilkunde* 27, 46-52

*Stadler P.* (1983) Tagesschwankungen der Atemmechanik beim gesunden und chronisch lungenkranken Pferd. *Diss. Med. Vet. Hannover*

*Stadler P., Reinhard H. J.* und *Deegen E.* (1985) Ein varianzanalytisches Modell zur Auswertung von zirkadianen Rhythmen der Lungenfunktion beim Pferd. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 92, 44-46

*Vachon A. M.* und *Fischer A. T.* (1998) Thoracoscopy in the horse: diagnostic and therapeutic indications in 28 cases. *Equine Vet. J.* 30, 467-475

*Dr. Doreen Scharner*  
*Chirurgische Tierklinik*  
*Veterinärmedizinische Fakultät*  
*An den Tierkliniken 21*  
*04103 Leipzig*  
*scharner@vetmed.uni-leipzig.de*