

Atemkondensatgewinnung beim Pferd

Sandra Schack, Kerstin Fey und H. H. L. Sasse

Medizinische und Gerichtliche Veterinärklinik, Professur für Innere Krankheiten der Pferde, der Justus-Liebig-Universität Gießen

Zusammenfassung

Die Gewinnung von Atemkondensat (Abkühlen der Expirationsluft unter Spontanatmung) stellt in der Humanmedizin ein nicht-invasives und fast beliebig wiederholbares Verfahren zum Erhalt von Untersuchungsmaterial aus den tiefen Atemwegen dar. Bei 68 von 72 Pferden gelang die Gewinnung von Atemkondensat mittels einer aus der Humanmedizin adaptierten Methode, bei der über eine Trachealsonde Ausatemluft abgezweigt und durch eine Kühlvorrichtung geleitet wird. 7 Pferde benötigten ein Sedativum, damit die Sonde in die Trachea vorgeschoben werden konnte. Es wurden im Mittel $0,83 \pm 0,45$ ml Atemkondensat in 10 Minuten Sammelzeit gewonnen. Bei 30 Pferden wurde während der Atemkondensatgewinnung zusätzlich eine Messung der Durchflussexpirationsvolumina durchgeführt, woraus hervorging, dass durchschnittlich $41,7 \pm 2,0$ l Luft pro 10 Minuten Sammelzeit durch das Kühlsystem geleitet wurden. Es zeigte sich, dass die Probenmenge hauptsächlich von der Atemstromstärke und vom Durchflussexpirationsvolumen beeinflusst wird.

Schlüsselwörter: Pferd, Atemkondensat, Entzündungsmediatoren, COB, Lunge

Collection of breath condensate in horses

The collection of breath condensate by cooling spontaneously expired air is in human medicine a non-invasive and repeatable method to gain diagnostic material from the lower airways and lungs. The collection of breath condensate was performed successfully in 68 of 70 horses by using a teflon tube which passes a cool trap. The teflon tube was connected to an intratracheally placed tube. In 4 horses it was not possible to collect condensate. In 7 horses sedation was required to place the tracheal tube. The mean volume of breath condensate was $0,83 \pm 0,45$ ml in 10 minutes. In 30 horses the volume, which passed the teflon tube was $41,7 \pm 2,0$ l in 10 minutes. The breath condensate volume was influenced mainly by the respiratory flow and the expiratory volume passing the tube.

Key words: equine, breath condensate, mediators of inflammation, heaves, lung

Einleitung

Die als Chronisch Obstruktive Bronchitis (COB) bzw. neuerdings als recurrent airway obstruction (RAO) bezeichnete, multifaktorielle Erkrankung beeinträchtigt die Leistung eines Großteils der mittelalten und älteren Pferde. Für die Diagnostik chronischer Lungenerkrankungen stehen neben der klinischen Untersuchung die Endoskopie, die zytologische Untersuchung von Tracheobronchialsekret (TBS), die arterielle Blutgasanalyse, spirometrische Lungenfunktionsverfahren, sowie in Einzelfällen, die bronchoalveoläre Lavage (BAL), radiologische Verfahren und die Lungenbiopsie zur Verfügung. Dies sind zum Teil invasive Methoden, mit deren Hilfe bereits stattgefundenen Schädigungen der Lunge dokumentiert werden können. Keines der genannten Verfahren ist zur Frühdiagnostik der COB geeignet. Eine nicht-invasive Möglichkeit zur Differentialdiagnose von Lungenerkrankungen, bzw. zur Früherkennung chronischer Zustände bevor eine irreversible Schädigung des Bronchialepithels stattgefunden hat, wäre von größter Wichtigkeit. Bei der Suche nach einem hierfür geeigneten Diagnostikum stößt man auf ein in der Humanmedizin in der Etablierung befindliches Verfahren, bei welchem kondensierte Expirationsluft (im folgenden Atemkondensat genannt) als Probe dient. Dabei wird die Atemluft durch ein Kühlsystem geleitet, so dass Wasserdampf und weitere darin enthaltene Substanzen kondensieren. Diese Probe kann auf eine Reihe von Parametern, die bei entzündlichen Prozessen in der Lunge involviert sind, untersucht werden. Diese sogenannte Atemkondensat-Methode ist beim Menschen in der Erforschung entzündlicher Atemwegserkrankungen, unter anderem von Asthma, COPD und Mukoviszidose

eingesetzt worden (Becher et al. 1995; Becher et al. 1997b; Winsel et al. 1994). Die Atemkondensatgewinnung wird in vielen Lungenlaboratorien routinemäßig durchgeführt und ist nachweislich sensitiver als die Lungenfunktionsprüfung (Becher et al. 1997b). Sie hat gegenüber herkömmlichen Untersuchungsmethoden, bei denen Material aus den tiefen Atemwegen gewonnen wird, wie dem induzierten Sputum, der BAL und der Lungenbiopsie deutliche Vorteile: sie ist nicht invasiv und damit für den Patienten wenig belastend und beliebig oft wiederholbar (Becher et al. 1997a; Becher et al. 1997b). Das Ziel der vorgestellten Untersuchung bestand in der Beurteilung der Anwendbarkeit der Atemkondensatmethode beim Pferd.

Material und Methoden

Patientengut

Es wurden insgesamt 72 Pferde untersucht (52 Warmblüter, 15 Ponys, 3 Vollblüter, 2 Kaltblüter) im Alter zwischen 2 und 29 Jahren. Davon gehörten 70 Pferde dem Patientengut der Klinik an und 2 waren Klinikspferde. Das Körpergewicht lag im Mittel bei 528 kg.

Versuchsdurchführung

70 Patientenpferde und 2 Klinikspferde wurden zur eingehenden Untersuchung des Respirationstraktes mit der Verdachtsdiagnose chronisch obstruktive Bronchitis auf Grund von



Abb 1 Als Labormuster gefertigtes Atemkondensatgerät der Forschungs-gesellschaft für Lungen- und Thoraxerkrankungen mbH (FILT), Berlin
Prototype of breath condensate sampling device (FILT), Berlin

Anamnese, erster klinischer Untersuchung und Kontrollblutbild stationär aufgenommen. Am Tag nach der stationären Aufnahme erfolgte jeweils vormittags die spezielle klinische Untersuchung der Patienten mit Durchführung einer arteriellen Blutgasanalyse und einer Lungenfunktionsprüfung. Die Methodik der Routineuntersuchungen kann im einzelnen in einer Dissertation (Schack 2002) nachgelesen werden. Die Gewinnung von Atemkondensat erfolgte insgesamt bei 68 Pferden. Bei 30 Pferden wurde zusätzlich der Teil der das Sammelrohr passierenden Ausatemungsluft (Durchflussexpirationsvolumen) bestimmt. Hiernach erfolgte eine Belastung an der Longe mit anschließender Tracheobronchoskopie. Diese Reihenfolge wurde zur Kontrolle eventuell durch die Trachealsonde verursachter Läsionen bei der Atemkondensatgewinnung gewählt. Anschließend erfolgte die Bestimmung der Atemkondensatmenge.

Gerätebeschreibung

In der vorgestellten Studie wurde ein in der Forschungsgesellschaft für Lungen- und Thoraxerkrankungen mbH (FILT Berlin) für die Humanmedizin entwickeltes und als Labormuster gefertigtes Atemkondensatgerät verwendet (Abb. 1). Das Gerät wurde uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um eine Vorrichtung zur Sammlung nicht-gasförmiger Bestandteile der Ausatemluft. Sie besteht aus einer doppelwandigen, von Kühlflüssigkeit durchströmten Röhre



Abb 2 Anwendung der Atemkondensatgewinnung am Pferd
Collecting breath condensate in a horse

von 47 cm Länge und etwas über 12 mm Innendurchmesser. In den zylindrischen Hohlraum der Kühlvorrichtung wird ein auswechselbares Probensammelrohr aus Teflon eingeschoben. Die Geräteleistung reicht nur für die Anwendung am Menschen aus, da Pferde ein Expirationsvolumen von ca. 6 – 8 l erreichen können. Für die Anwendung am Pferd wurde deshalb über eine Trachealsonde ein Teil des Expirationsvolumens abgezweigt und durch das Probensammelrohr geleitet. Ein Nichtrückatmungsventil auf dem vom Pferd entfernten Ende des aus dem Kühlaggregat herausragenden Sammelrohres bewirkte, dass ausschließlich die Expirationsluft durch das Sammelrohr gelangte. Die Kühlvorrichtung war über zwei isolierte Schläuche mit einem Kühlgerät der Firma Haake (Gebr. Haake GmbH, 76227 Karlsruhe) verbunden. Durch diesen Kühlkreislauf wurde die Ausatemluft auf -20 °C abgekühlt, wobei Aerosole, Wasserdampf und andere nicht-gasförmige Bestandteile als Atemkondensat an der inneren Wandung des Sammelrohres abgeschieden wurden.

Gewinnung am Pferd

Die Pferde wurden zur Atemkondensatgewinnung in den klinik-eigenen Zwangsstand verbracht und von zwei Hilfspersonen fixiert. Eine nasenschlundsondenähnliche Kunststoffsonde, deren Länge 170 cm, Außendurchmesser 15 mm und Innendurchmesser 11 mm betrug, wurde über den ventralen Nasengang und den Rachen blind in die Trachea bis kurz vor die Bifurcation eingeführt und anschließend mit Klebeband am Halfter befestigt. Die Sonde lag sicher in der Trachea, wenn beim Vorschieben kein Widerstand zu verspüren war. Zudem musste eine fast widerstandsfreie Aspiration von Luft über die Sonde möglich sein. Das rostrale Ende der Trachealsonde wurde mittels eines Adapters auf das im Kühlsystem befindliche auswechselbare Probensammelrohr aus Teflon locker aufgesteckt, um die Verbindung beispielsweise bei plötzlichen Hustenstößen schnell lösen zu können (Abb. 2). Die Sammelperiode betrug 10 Minuten. Das Probensammelrohr wurde nach dem Ausfrierungsvorgang sofort mittels Stopfen beidseitig verschlossen, gekennzeichnet und bei -80 °C aufbewahrt.

Wiederholbarkeit der Atemkondensatgewinnung

Es wurden 4 Messungen mit einem Abstand von je 3 Tagen an zwei klinik-eigenen Pferden durchgeführt. Vor der ersten und nach der letzten Atemkondensatgewinnung erfolgte jeweils eine endoskopische Kontrolle der Trachea mit Videoaufzeichnung. Zur Tracheobronchoskopie wurde ein 2,50 m langes flexibles Fiberskop (Wolf, Knittlingen, Deutschland) mit einem Durchmesser von 13 mm verwendet. Dabei wurde auf das Vorliegen von Schwellungen, Läsionen und Rötungen der Trachealschleimhaut, bedingt durch die wiederholte Anwendung der Trachealsonde geachtet. Die Pferde wurden vor jeder Messung mit Detomidin (Domosedan®, Pfizer GmbH, 76139 Karlsruhe) in der Dosierung 10 µg/kg Körpergewicht i. v. sediert.

Bestimmung der Atemkondensatmenge

Die 68 Atemkondensate wurden aufgetaut und anschließend

in sterilen, vorher abgewogenen Serumröhrchen aufgefangen, wobei durch erneutes Wiegen und anschließender Subtraktion der Leerwerte das Probengewicht ermittelt wurde. Das Probenvolumen wurde nach der folgenden Formel berechnet:

$$V \text{ [ml]} = \frac{m \text{ [g]}}{\rho \text{ [g/cm}^3\text{]}}$$

m = Probengewicht

ρ = 0,998 g/cm³ (Dichte von Wasser bei 20 °C)

Bestimmung des Durchflussexpirationsvolumens

Die Bestimmung des Anteils der Ausatemluft, der das Sammelrohr passierte (sog. Durchflussexpirationsvolumen), wurde bei 30 Pferden durchgeführt. Hierzu wurde vor das Nüchtrückatmungsventil ein kleines Staudruckrohr (Gould Godart, Niederlande) nach FLEISCH Nr. 1 mit einem Durchmesser von 1,8 cm eingebaut. Der Atemstrom wurde zu einem Pneumotachographen der Firma Gould (Gould Medical BV, Bilthoven, Niederlande) geführt, welcher im Regelbetrieb das Atemzugvolumen und die Summe der Inspirationsvolumina misst. Durch Auswechseln der Anschlüsse wurde der Strömungsverlauf umgekehrt und somit die Summe der Expirationsvolumina gemessen und kontinuierlich mittels eines Zweikanalschreibers mit einer Geschwindigkeit von 25 mm/min aufgezeichnet. Vor jeder Messung wurde das Gerät nach Herstellerangaben kalibriert. Die Aufzeichnung erfolgte während der gesamten Probensammelzeit (10 min). Die Berechnung der Durchflussexpirationsvolumina erfolgte durch grafische Auswertung (1 Liter = 3,2 mm).

Ergebnisse

Akzeptanz der Untersuchung

Von insgesamt 72 untersuchten Pferden konnte bei 68 Pferden (94 %) Atemkondensat gewonnen werden. Bei 3 Ponys gelang es auch unter endoskopischer Kontrolle nicht, die Sonde in die Trachea einzuführen, da der Rachenraum zu kurz für die vorgebogene Sonde war. Bei einem Großpferd wurden die Versuche, die Sonde einzuführen, auf Grund von Nasenbluten abgebrochen. Bei 7 Pferden erfolgte auf Grund starker Unruhe oder Hustens die Atemkondensatgewinnung nach Sedation mit Detomidin (Domosedan[®], Pfizer GmbH, 76139 Karlsruhe). Bei Pferden mit starkem Hustenreiz nach dem Einführen der Sonde wurde vor der Probenahme abgewartet, ob ein Gewöhnungseffekt auftritt. Falls dies nicht der Fall war, konnte der Husten in allen Fällen durch die Sedation so weit unterdrückt werden, dass eine reibungslose Probenahme möglich war.

Wiederholbarkeit der Atemkondensatgewinnung

Bedingt durch die Sedation erfolgten die Probenahmen bei beiden Pferden auch wiederholt ohne Probleme. Auch nach den Sammelperioden verhielten sich die Pferde unauffällig. Die Eingangsendoskopie ergab bei beiden Pferden den Befund einer intakten Schleimhaut in Trachea und Haupt-

bronchien, frei von Rötungen oder Schwellungen. Die Abschlussendoskopie, nach insgesamt 4 Messungen im Abstand von je 3 Tagen, ergab bei beiden Pferden auf Höhe der 110 cm - Markierung des Endoskopes, welche genau mit der Position des Sondenendes übereinstimmte, eine leichte, fleckige Rötung der ventralen Trachealschleimhaut.

Die Werte der jeweils erhaltenen Probenmengen waren normalverteilt. Bei beiden Pferden wurde im Mittel dieselbe Probenmenge von 1,1 ml/10 min gesammelt (die Standardabweichung lag jeweils bei 0,4 und 0,5 ml/10 min). Die Spannweite der Werte lag bei Pferd 1 zwischen 0,66 – 1,65 ml/10 min und bei Pferd 2 zwischen 0,5 – 1,7 ml/10 min. Es wurde der intraindividuelle Variabilitätskoeffizient der Probenmenge für beide Tiere berechnet und gemittelt. Es ergab sich eine Variation von 40 % zwischen den Messwerten.

Atemkondensatmenge

67 Mengenbestimmungen waren auswertbar, da eine Probe beim Auftauen nicht vollständig in das Serumröhrchen überführt werden konnte. Im Mittel ergab sich ein Probenvolumen von $0,83 \pm 0,45$ ml/10 min. Die Spannweite lag zwischen 0,03 – 2,3 ml/10 min.

Die Atemkondensatmenge wird in ihrem Verhältnis zur Atemstromstärke in Abb. 3 grafisch dargestellt. Es ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,37$ ($n = 62$). Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Atemkondensatmenge und der Atemstromstärke ($p < 0,01$).

Mit Hilfe von Korrelationsanalysen wurde der Einfluss weiterer Parameter der Lungenfunktion (Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen, Atemfrequenz, Resistance, Compliance, maximale interpleurale Druckdifferenz) und der Blutgasanalyse (PaO₂, PaCO₂, A-aDO₂), sowie der Einfluss der Körpertemperatur, des Körpergewichtes und der Umgebungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Raumtemperatur) auf die Atemkondensatmenge überprüft. Es findet sich hier nur eine schwach signifikante Korrelation ($p < 0,05$) der Atemkondensatmenge zur Atemfrequenz ($r = 0,24$). Ansonsten waren keine signifikanten Zusammenhänge festzustellen.

Durchflussexpirationsvolumina

Bei 30 Pferden wurde während der Atemkondensatgewinnung eine Messung der Durchflussexpirationsvolumina durchgeführt. Die Durchflussexpirationsvolumina werden in ihrem Verhältnis zur Atemkondensatmenge in Abb. 4 grafisch

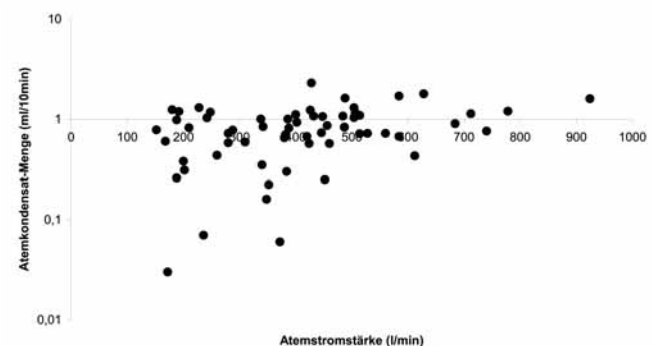


Abb 3 Verhältnis der Atemkondensatmenge zur Atemstromstärke
Volume of condensate in relation to respiratory flow

dargestellt. Es ergibt sich ein geometrischer Mittelwert von $41,7 \pm 2$ l/10 min Messperiode. Die Spannbreite liegt zwischen 8,75 – 140 l/10 min. Die Prüfung von Durchflussexpirationsvolumina und Atemkondensatmenge auf signifikante Zusammenhänge ergibt einen Korrelationskoeffizient von $r = 0,49$. Dieser Zusammenhang ist statistisch signifikant ($p = 0,007$).

Die Korrelationen zwischen Parametern der Lungenfunktion (Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen, Atemfrequenz, Resistance, Compliance, maximale interpleurale Druckdifferenz) und der Blutgasanalyse (PaO_2 , PaCO_2 , A-a DO_2), sowie der Einfluss der Körpertemperatur, des Körpergewichtes und der Umgebungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Raumtemperatur) zum Durchflussexpirationsvolumen wurden berechnet. Es ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge.

Diskussion

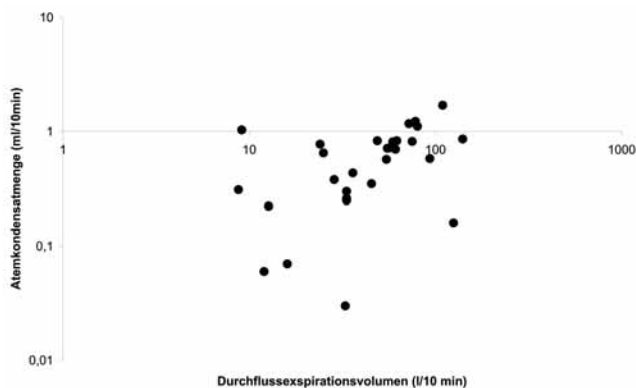


Abb. 4: Verhältnis der Durchflussexpirationsvolumina zur Atemkondensatmenge
Expiratory volume passing the tube in relation to volume of condensate

Die Tatsache, dass von insgesamt 72 untersuchten Pferden bei 68 Pferden (94 %) Atemkondensat gewonnen werden konnte, spricht für die hohe Akzeptanz dieser Methode. Bei 3 der 4 Tiere, von denen kein Atemkondensat gewonnen werden konnte, handelte sich um Ponys. Hier konnte die Sonde nicht in die Trachea eingeführt werden. Bei endoskopischer Kontrolle stellte sich heraus, dass der Nasen-Rachenraum so kurz war, dass auch die manuell vorgebogene Sonde dorsal gegen das Rachendach in der Gegend des Recessus pharyngeus stieß. Sicherlich wäre bei diesen Ponys die Verwendung einer flexibleren Sonde mit kleinerem Durchmesser erfolgreich gewesen.

Ein Pferd blutete stark aus der Nase, da durch Anstoßen der Sonde gegen die Concha medialis eine Blutung ausgelöst wurde. Die Blutung kam ohne weitere therapeutische Maßnahmen nach einigen Minuten zum Stillstand. Von diesem Pferd wurde jedoch zur Schonung kein Atemkondensat mehr gewonnen, auch wenn dies nach Sistieren der Blutung sicherlich möglich gewesen wäre. Ähnliche Probleme können auch beim Einführen der Nasenschlundsonde zur Magensondierung entstehen und sind je nach anatomischen Gegebenheiten manchmal nicht zu vermeiden. Von den insgesamt 68 erfolgreich durchgeführten Atemkondensatentnahmen erfolgten 7 unter Sedation (10,3 %). Die Pferde mussten entweder wegen starker Unruhe oder wegen übermäßigem Hustenreiz durch die Sonde sediert werden. Danach gelang die Atem-

kondensatgewinnung in allen Fällen ohne Probleme. Insgesamt kann man also von einer sehr guten Akzeptanz der Atemkondensatgewinnung mittels Trachealsonde ausgehen. Als nicht-invasives Verfahren wäre einer Atemkondensatgewinnung mittels Atemmaske der Vorzug zu geben, da hierbei keine Manipulationen im Nasen-Rachenbereich vorzunehmen wären. Aller Voraussicht nach würden dann auch wiederholte Probennahmen in kurzen zeitlichen Abständen besser von den Pferden toleriert. Andererseits wird auch das Aufsetzen einer abgedichteten Atemmaske, wie wir es von der Inhalationstherapie und von Lungenfunktionsmessungen kennen, nicht von allen Pferden ohne Sedation toleriert. Zudem könnte bei der Verwendung einer Maske der Einfluss der oberen Atemwege so groß werden, dass eventuelle Veränderungen in den kleineren Atemwegen die Zusammensetzung des Atemkondensates kaum ändern (Alving et al. 1993).

Die Atemkondensatmenge wies in der vorliegenden Untersuchung eine recht hohe Spannbreite der Werte auf (0,03 – 2,3 ml/10 min). Reinhold et al. (1999a) beobachteten bei einer Sammelzeit von 30 Minuten über eine Atemmaske bei Kälbern ebenfalls eine hohe Spannbreite der Werte von 0,1 – 9,1 ml/30 min. In der Humanmedizin (Dauletbaev et al. 2000; Gessner et al. 1999), aber auch bei per Maske in der Veterinärmedizin (Reinhold et al. 1999a; Reinhold et al. 1999b; Reinhold et al. 1999c) gewonnenem Atemkondensat wurden eindeutige Zusammenhänge zwischen der Atemkondensatmenge und dem pro Zeiteinheit ventilierten Volumen nachgewiesen. Gessner et al. (1999) fanden beim Menschen einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Expirationsvolumen und der Atemkondensatmenge. Reinhold et al. (1999c) wiesen beim Kalb einen Zusammenhang zum Atemminutenvolumen und zum Atemzugvolumen nach. Um dem Phänomen auf den Grund zu gehen, wurden bei einem Teil der Pferde die Volumina der die Sammelvorrichtung passierenden Luft (Durchflussexpirationsvolumina) aufgezeichnet. Deshalb sollte die Beziehung der Atemkondensatmenge zum Durchflussexpirationsvolumen ausschlaggebend sein, da dies dem Anteil der Luft entspricht, welcher direkt Kontakt zur Kühlvorrichtung hatte. Das Durchflussexpirationsvolumen wies eine signifikante Korrelation ($p = 0,007$) von $r = 0,49$ zur Atemkondensatmenge auf. Außerdem bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen Atemkondensatmenge und Atemstromstärke ($p < 0,001$), wobei aber der Korrelationskoeffizient mit $r = 0,37$ recht niedrig und damit als nicht aussagekräftig anzusehen ist. Die Korrelation zur Atemstromstärke könnte mit der Verwendung der Sonde im Zusammenhang stehen: bei höheren Atemstromstärken wird der zusätzliche Totraum, der durch die Sonde entsteht, auch durchströmt und somit kommt mehr Luftvolumen im Sammelrohr an. Eine schwach signifikante Korrelation besteht zwischen Atemkondensatmenge und Atemfrequenz ($p < 0,05$), allerdings ebenfalls mit einem niedrigen Korrelationskoeffizienten ($r = 0,24$).

Die wiederholte Atemkondensatgewinnung mittels Sonde kann auf Grund der vorliegenden Ergebnisse als gering invasiv und ohne besondere Beeinträchtigungen für die Pferde bewertet werden. Die intraindividuelle Variabilität der Atemkondensatmenge lag mit durchschnittlich 40 % Variation zwischen den Messungen relativ hoch im Vergleich zu den Messungen am Kalb mit 12 % (Reinhold et al. 1999b). Allerdings wurden bei den Kälbern nur 2 Messungen an 2 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Ansonsten könnte die unter-

schiedliche Methodik für die differierenden Ergebnisse verantwortlich sein.

Vorschläge zur Optimierung der Atemkondensatgewinnung beim Pferd

Im Hinblick auf die Analytik der Proben hat die Trachealsonde den entscheidenden Vorteil, dass keine Kontamination der ausgefrorenen Luft durch die oberen Atemwege erfolgen kann und die gemessenen Parameter sicher ausschließlich aus den tiefen Atemwegen/Alveolen stammen. Bei Verwendung der Trachealsonde ist darauf zu achten, dass das aus der Nüster des Pferdes herausragende Ende der Sonde nicht unnötig lang ist und dass der Sondenverlauf während der Probennahme möglichst gerade ist.

Um den Einfluss methodisch bedingter Variabilitätsfaktoren auf die Gewinnung von Atemkondensat möglichst gering zu halten, sollten die Umgebungsbedingungen (Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit) und die Ausfrieretemperatur des Sammel-systems weitgehend standardisiert sein.

Unter den individuellen Einflussfaktoren haben das Durchflussexpirationsvolumen und die Atemstromstärke den größten Einfluss auf die pro Zeiteinheit zu gewinnende Probenmenge an Atemkondensat. Deshalb sollte routinemäßig ein Pneumotachograph bei der Atemkondensatgewinnung angeschlossen werden.

Es besteht die Möglichkeit, ein Gerät mit einer größeren Ausfrierkapazität zu entwickeln, um die Atemkondensatgewinnung mittels Atemmaske zu ermöglichen. Dies hätte den Vorteil der geringeren Invasivität und der Vermeidung der Fehler, die durch Anwendung der Sonde möglich sind (Kondensationen, Sekretansammlungen, unüberprüfbarer Verlauf der Sonde in der Trachea des Pferdes). Der entscheidende Nachteil dieser Methode ist jedoch die Gewinnung „gemischter“ expiratorischer Luft.

Die Atemkondensatgewinnung ist mit der hier beschriebenen Methode beim Pferd auch wiederholt möglich. Eine Standardisierung bezugnehmend auf das Durchflussexpirationsvolumen scheint sinnvoll

Literatur

- Alving, K., Weitzberg, E. und Lundberg, J.M. (1993): Increased amount of nitric oxide in exhaled air of asthmatics. *Eur.Resp.J.* 6, 1368-1370
Becher, G., Winsel, K., Beck und E., Stresemann, E. (1995): Leuko-

triene B4 in breathing condensate of patients with bronchopulmonary diseases and of normal patients. *Applied Cardiopulmonary Pathophysiology* 5, 215-219

Becher, G., Beck, E., Rothe, M., Neubauer, G. und Stresemann, E. (1997a): Sammlung von nichtgasförmigen Bestandteilen der Ausatemluft durch Ausfrieren. *Medizintechnik* 117, 89-95

Becher, G., Winsel, K., Beck, E., Neubauer, G. und Stresemann, E. (1997b): Das Atemkondensat als Methode zur nichtinvasiven Erfassung von Entzündungsmediatoren aus den unteren Atemwegen. *Pneumologie* 51, 456-459

Dauletbaev, N., Diegel, H., Rickmann, J., Oremek, G., Hirche, T., Wagner, T.O.F. und Bargon, J. (2000): Unterschiedliche Verhältnisse zwischen Harnstoff im Atemkondensat und Blut bei Lungengesunden und Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen. 94.Tagung der Sektion Pathophysiologie der Atmung, 6.-7.10.2000, Berlin

Gessner, Ch., Seyfarth, H.J., Schauer, J. und Wirtz, H. (1999): Dependence of breath condensate volume on total respired volume. *Eur.Resp.J.* 14, Suppl.30, 208s

Reinhold, Petra, Langenberg, A. und Födisch, G. (1999a): Einfluss vonventilatorischen Kenngrößen und Körpertemperatur auf die Gewinnung von Atemkondensatproben. 40. Kongress der Dt. Ges. für Pneumologie, 17.-20.3.99, Bad Reichenhall

Reinhold, Petra, Becher, G. und Rothe, M. (1999b): Das Atemkondensat ein nichtinvasiv zu gewinnendes Medium zum Nachweis von Entzündungsmediatoren der Lunge DVG 23. Kongress, 13.-16.4.99, Bad Nauheim, 143-150

Reinhold, Petra, Langenberg, A., Becher, G. und Rothe, M. (1999c): Das Atemkondensat - ein nichtinvasiv zu gewinnendes Medium zum Nachweis von Entzündungsmediatoren der Lunge Berl. Münch. Tierärztl.Wochenschr. 112, 254-259

Reinhold, Petra, Langenberg, A., Becher, G., Rothe, M., Seifert, J., Großmann, E., Schimmel, D., Seidler, T. und Krüger, M. (2000): Harnstoff und Gesamteiweiß im Atemkondensat – Korrelationen zur bronchoalveolären Lavageflüssigkeit und zum Serum (Tiermodelle). 94. Tagung der Sektion Pathophysiologie der Atmung, 6.-7.10.2000, Berlin

Schack, Sandra (2002): Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Atemkondensatgewinnung beim Pferd und ihre potentiellen Einsatzmöglichkeiten in der Lungendiagnostik. Diss. Med. Vet., Gießen

Winsel, K., Becher, G. und Beck, E. (1994): Inflammatory mediators in the breathing condensate of allergic asthmatics. *J. Resp. crit. care. Med.* 149, A332

Dr. Sandra Schack
Ahornweg 2
63303 Dreieich
E-Mail: sandra.schack@web.de