

# Durchführung, Analyse und Aussagekraft von Tracheobronchialsekret (TBS) und Bronchoalveolärer Lavage (BAL) bei Pferden mit Lungenerkrankungen

Anna May und Heidrun Gehlen

Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München

## Zusammenfassung

Die Untersuchung von Tracheobronchialsekret (TBS) oder Bronchoalveolärer-Lavage Flüssigkeit (BALF) liefert wichtige weiterführende Informationen über Art und Schweregrad einer Lungenerkrankung. Einige Erkrankungen (z.B. interstitielle Pneumopathie, Lungenbluten) sind klinisch oft schwer zu diagnostizieren und erfordern eine sensitivere Diagnostik wie z.B. die BAL. Der Tierarzt kann darüber hinaus mit Hilfe dieser Untersuchungen eine gezielte Therapie einleiten und eventuell auch eine Aussage hinsichtlich der Prognose treffen. Während das TBS eine Poolprobe der gesamten Lunge darstellt und somit einen allgemeinen Überblick über die Situation der Lungeneithelien gibt, stellt die BALF eine spezifische, von Umgebungspartikeln und -keimen unbelastete Probe eines peripheren Lungenabschnittes dar. Bei bakteriellen Infektionen kann eine mikrobiologische Untersuchung des TBS helfen, die Erreger zu identifizieren und eine geeignete Therapie einzuleiten. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Gewinnung von TBS und BALF sowie die weitere Probenaufbereitung. Auch mögliche Einflüsse auf die Qualität der Proben werden beschrieben. Des Weiteren wird ein Überblick über die in TBS und BALF vorkommenden Zellen gegeben, sowie ihre Rolle bei den wichtigsten Lungenerkrankungen diskutiert. Bei Kenntnis von Durchführung und Beurteilung der TBS-/ BAL- Proben erfordern beide Methoden relativ wenig apparativen Aufwand und sind auch in der Praxis durchführbar.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Lungenerkrankungen, Bronchoalveoläre Lavage, Tracheobronchialsekret, Diagnostik

---

## The examination of tracheal wash fluid and bronchoalveolar lavage fluid obtains important information regarding type and severity of lung diseases

Pulmonary diseases play an important role in Equine medicine. Besides orthopaedic problems they are common reasons for exercise intolerance in horses. Some pulmonary diseases (interstitial pneumopathies, Exercise induced pulmonary hemorrhage) are hard to diagnose clinically and need more sensitive diagnostic methods such as BAL. Moreover with the help of these examination tools the veterinarian is able to apply a specific therapy and to provide a statement about the prognosis of the disease. Whilst the tracheal wash represents a sample of the whole lung the BAL fluid provides specific information of peripheral regions of the lung. Moreover tracheal wash fluids give insight into the respiratory epithelium condition and the effectiveness of mucociliary clearance mechanisms. In bacterial infections microbiological examinations can be useful to apply adequate antibiotics. The present article gives a review about preparation and evaluation of tracheal wash and bronchoalveolar lavage fluid samples. Furthermore the outside influences on samples will be described. The article as well deals with the cells and their role in important lung diseases of horses. Knowledge of the procedure and evaluation of both methods should be aspired to decide upon the appropriate method. Both methods require only small material expenses and can be used in home stable environment.

**Keywords:** Horse, pulmonary diseases, bronchoalveolar lavage fluid, tracheal wash fluid, diagnostic

## Einleitung

Die Leistungsfähigkeit des Pferdes wird entscheidend durch die Funktion der Lunge beeinflusst. In diesem Zusammenhang wird eine differenzierte Diagnostik, auf die eine individuell angepasste Therapie abgestimmt werden kann, immer wichtiger. Durch die Entnahme von Tracheobronchialsekret oder die Durchführung einer bronchoalveolären Lavage können Aussagen hinsichtlich des Schweregrades und der Prognose einer Lungenerkrankung getroffen werden (Bain 1997). Ein Hindernis stellt in der Praxis häufig das fehlende Equipment dar. Oft wird die Technik der TBS-Entnahme und insbesondere die Durchführung einer BAL als aufwändig empfunden. Da beide Methoden jedoch wertvolle Informationen liefern, sollten sie als weiterführende Lungen-Diagnostik zum Einsatz kommen (Couetil und Denicola 1999).

Beide Methoden sind jedoch nicht gleichwertig oder beliebig gegeneinander austauschbar, sondern haben ihre spezifischen Indikationen. Auch eine Kombination beider Untersuchungsmethoden ist nicht in jedem Falle sinnvoll. Befunde, die im TBS erhoben werden, spiegeln sich nicht zwangsläufig auch in der BALF wider und umgekehrt. So bedeuten unauffällige Proben bei einer der beiden Untersuchungen nicht zwangsläufig, dass keine Befunde in der Lunge vorliegen. Die Unterschiede in der Beurteilung der beiden Methoden sollten deshalb bekannt sein, sonst kann es leicht zu Fehlinterpretationen kommen.

Im hier vorliegenden Beitrag soll die Durchführung und Auswertung der TBS-Analyse und der BAL erläutert werden. Darüber hinaus wird diskutiert, welche Untersuchungsmethode bei welcher Indikation sinnvoll eingesetzt werden kann.

## Gewinnung von Probenmaterial

### Entnahme von Tracheobronchialsekret

Es gibt mehrere Methoden, um TBS aus der Trachea zu gewinnen. Die Entscheidung, welche Technik zur Anwendung kommt, hängt davon ab, ob mit dem Material auch eine mikrobiologische Kultur angelegt werden soll. Die Entnahme von Sekret aus der Trachea wird in der Regel im Rahmen einer endoskopischen Untersuchung durchgeführt. Ist Sekret in der Trachea vorhanden, kann ein Katheter durch den Arbeitskanal eingeführt, und das Sekret aufgenommen werden (Abb. 1). In der Regel erfolgt die Probenentnahme an der tiefsten Stelle (Sekretsee) oder dem septumnahen Abschnitt der Trachea. Bei nur geringen viskösen Sekretmengen können einige Milliliter steriler physiologischer Kochsalzlösung eingegeben werden, um die Probe anzuspülen



**Abb. 1** Katheter zur Entnahme von Tracheobronchialsekret  
*Tracheal wash catheter*

### Entnahme einer Trachealspülprobe

Das TBS kann auch transtracheal gewonnen werden (Wagner 1996, Savage et al. 1998). Dies hat den Vorteil, dass keine Kontamination mit Partikeln aus der Pharynxregion erfolgt und somit neben der zytologischen Untersuchung auch eine geeignete Probe zur bakteriologischen, und mykologischen Untersuchung gewonnen wird. Zur Entnahme einer Trachealspülprobe wird (nach Rasur, Desinfektion, Lokalanästhesie und kleiner Stichinzision der Haut) im mittleren Drittel der Trachea ein Katheter zwischen zwei Trachealspangen nach kaudal in das Lufröhrenlumen eingeführt und bis vor die Bifurkation vorgeschoben (Sweeney 1999). Als Katheter können kommerzielle Nadel-Katheter-Kombinationen (z.B. Catheter TW 1228 und 1628, Mila International, Phoenix, Arizona) oder Braunülen bzw. kleine Harnkatheter (z.B. für Hunde) mit schräg abgeschnittener Spitze verwendet werden. Nach Einführen des Katheters werden ca. 30 ml sterile physiologische Kochsalz-Lösung eingegeben und möglichst schnell aspiriert. Leichte Belastung oder das Auslösen von Husten vor der Entnahme des Sekrets kann helfen, eine repräsentative Trachealspülprobe zu erhalten (Hoffman und Viel 1997, Mansmann und Knight 1972, Beech 1981). Komplikationen bei dieser Technik sind selten, allerdings kann es zur Bildung eines subkutanen, peritrachealen oder mediastinalen Emphysems kommen. Auch wurde über subkutane Infektionen durch Kontamination der Wundöffnung berichtet (Whitwell und Greet 1984, Sweeney 1999).

### Durchführung einer bronchoalveolären Lavage

Die bronchoalveoläre Lavage kann während der bronchoskopischen Untersuchung am sedierten Pferd unter Sichtkontrolle erfolgen, indem die Probe über den Arbeitskanal des Endoskopes gewonnen wird. Eine weitere Möglichkeit ist das Einführen eines speziellen BAL-Katheters, der in der Regel ohne endoskopische Sichtkontrolle eingeführt wird (Abb. 2). Dies hat den Vorteil, dass die bronchoalveoläre Lavage einfach durchgeführt werden kann und einen geringen apparativen Aufwand mit sich bringt. Die Durchführung mittels eines Endoskops erlaubt dafür die Auswahl eines Bronchus, in den die Flüssigkeit eingegeben wird (Wehrli et al. 2000). Dabei wird das Endoskop zuerst in die Trachea eingeführt und die weiteren Aufzweigungen der Luftwege (Bifurcatio tracheae, Bronchien) mittels Lidocain (0,4 %), das durch den Arbeitska-



**Abb. 2** BAL-Katheter  
*Catheter for performing bronchoalveolar lavage*

nal appliziert wird, desensibilisiert (Hoffman und Viel 1997). Anschließend wird das Endoskop unter Sichtkontrolle in einen kleineren Bronchus vorgeschoben, bis ein elastischer Widerstand spürbar ist. Der BAL-Katheter wird über den ventralen Nasengang zunächst bis vor den Kehlkopf geschoben. Durch Streckung des Kopfes wird das Einführen in die Trachea erleichtert. Danach wird der Katheter weiter vorgeschoben, bis ebenfalls ein leichter Widerstand spürbar ist. An der Katheterspitze befindet sich ein Dichtungsballon, der über eine Spritze mit ca. 5-8 ml Luft gefüllt wird.

Bei beiden Methoden werden anschließend pro 100 kg Körpergewicht 50 ml sterile physiologische Kochsalz-Lösung eingegeben und sofort fraktioniert (z.B. in 100 ml-Portionen) zurückgewonnen. Eine schaumige Flüssigkeit indiziert, dass sie Surfactant-Beimengungen enthält und die bronchoalveoläre Lavage somit erfolgreich war. Es sollte möglichst ein Großteil der Flüssigkeit (mindestens 50 bis 60 Prozent) zurückgewonnen werden. Es ist zu beachten, dass sich die Menge der Flüssigkeit, die zurückgewonnen werden kann häufig mit zunehmendem Schweregrad der Lungenerkrankung verringert. Bei starkem Bronchospasmus sinkt nicht nur die Menge, sondern auch der Anteil an Surfactant. Etwa 24 bis 48 Stunden nach der BAL-Probenentnahme sollten die Pferde nicht belastet werden und eine Kontrolle der Körperinnentemperatur erfolgen, da in der Lunge verbliebene Flüssigkeitsmengen zu einer lokalen Entzündung führen können. Nach dieser Zeit ist auch wieder eine Belastung möglich. Eine prophylaktische Behandlung mit Antibiotika ist unter normalen Bedingungen nicht nötig (Sweeney 1999).

## Weitere Probenaufbereitung

### TBS

Das entnommene Tracheobronchial-Sekret sollte innerhalb von 30 Minuten nach Entnahme in möglichst kleinen Mengen auf Objektträger aufgetragen und ausgestrichen werden. Die so angefertigten Ausstrich- oder Quetschpräparate sollten vor der Färbung mindestens eine halbe Stunde luftgetrocknet werden. Ein Versand der Objektträger kann ungefärbt oder gefärbt erfolgen.

### BALF

Aufgrund der Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung sind sowohl die Zellzahlen als auch der Proteingehalt in der BALF normalerweise niedrig. Die Lagerung der BAL-Flüssigkeit kann die Menge und Qualität der Zellen zusätzlich deutlich mindern. Eine Aufbewahrung bei 4°C über 24 Stunden führt z.B. zu einer Reduktion der Gesamtzellzahl um 20 bis 30 Prozent. Bei Raumtemperatur sinkt die Gesamtzellzahl bereits nach acht Stunden um ca. 30 Prozent. Fixiermittel (z.B. 40%iges Ethanol oder 20%iges phosphatgepuffertes Formalin), die in einer 1:1-Verdünnung der BAL zugegeben werden, verbessern die Haltbarkeit der Zellen nur unwesentlich (Wenisch et al. 2001). Zum Versand der bronchoalveolären Lavage-Flüssigkeit ist deshalb eine entsprechende Kühlung sinnvoll.

Da die Kombination aus der niedrigen Proteinkonzentration und der niedrigen Zellzahl die Auswertbarkeit der BAL-Direktausstriche senkt, ist es vorteilhaft, die Zellularität der Probe durch Zentrifugieren zu erhöhen (10 ml BALF fünf Minuten bei 300 g zentrifugieren). Anschließend wird der Überstand verworfen und ein Ausstrich aus dem Sediment angefertigt. Eine ideale Methode zur Auswertung der BAL ist das Konzentrieren des Probenmaterials direkt auf einen Objektträger (Zyto-Spot) mit Hilfe einer Zytozentrifuge (Cytospin). Das Sediment wird dazu in 1 ml physiologischer Kochsalzlösung resuspendiert und ein Zyto-Ausstrich angefertigt. Diese Objektträger enthalten oftmals viele Zellen, die gut erhalten und damit beurteilbar sind.

### Färbung des Probenmaterials

Nach Aufbringen des Probenmaterials auf einen Objektträger erfolgt die Färbung der Zellen. Eine weit verbreitete und praxisnahe Methode ist die sogenannte Diff-Quik®-Färbung (Dade Behring Marburg GmbH, Marburg). Zwar werden die Kernstrukturen mit dieser Schnellfärbung weniger detailliert dargestellt als mit konventionellen Färbungen vom Romanowsky-Typ (z.B. Giemsa-Färbung). Sie sind in der Regel jedoch ausreichend zur Beurteilung von Probenmaterial der unteren Atemwege.

### Auswertung des Probenmaterials

Nach Anfertigung und Färbung der Objektträger erfolgt die mikroskopische Auswertung und Beurteilung der Proben. Dabei werden Art und Anzahl der unterschiedlichen Zellen sowie das Auftreten sonstiger Strukturen oder Materialien dokumentiert.

## Durchführung der Zellzählung

Bei der mikroskopischen Untersuchung des TBS werden die Objektträger mäanderförmig abgelesen. Dabei sollten mindestens zwei gefärbte Objektträger und pro Objektträger ca. zehn Gesichtsfelder ausgewertet werden (Tab. 1). Die Untersuchung kann zunächst bei 200facher Vergrößerung im Lichtmikroskop erfolgen, um semiquantitativ die Zelldichte zu beurteilen. Bei einem TBS-Ausstrich wird auch die Menge und Struktur der mukösen Grundmasse bewertet. Die Auswertung

**Tab. 1** Mikroskopische Erfassung der Zahlen von Zellen und Strukturen im TBS / BAL- Objektträger- Ausstrich.

*Assessment of cells and structures present in tracheal wash and BAL fluid.*

-	keine im gesamten Untersuchungspfad
+	einige im gesamten Untersuchungspfad
++	auf jeder Geraden einzelne
+++	auf jeder Geraden häufig auftretend
++++	Das Zellbild dominierend

bezüglich des Vorkommens der einzelnen Zellpopulationen sollte bei 500facher Vergrößerung (mit Ölimmersion) erfolgen. Dabei kann auch der Funktionszustand der Zellen beurteilt werden. Bei BAL-Ausstrichen sollten falls möglich ca. 200 Zellen bei 1000facher Vergrößerung differenziert werden. Hinsichtlich der Zellzählungen ist bei dem TBS nur eine semiquantitative Schätzung möglich, da das Sekret inhomogen ist und lediglich eine Mischung verschiedener, unterschiedlich zusammengesetzter Sekretansammlungen der unteren Atemwege darstellt. In der bronchoalveolären Lavageflüssigkeit ist die Zellzahl dagegen wesentlich repräsentativer.

## Beurteilung der verschiedenen Zellen/ Bestandteile in TBS und BAL

Das TBS von gesunden Pferden ist zell- und schleimarm (Bain 1997, Mair et al. 1987, Larson und Busch 1985, Derksen et al. 1989). Der Ausstrich ist durchscheinend, grünlich und enthält feine Mukusfäden. Es finden sich wenige, gut erhaltene Flimmerepithelien und zylindrische Epithelien ohne Zilien, sowie vereinzelt Alveolarmakrophagen. Nur ganz vereinzelt treten Neutrophile und Lymphozyten auf (Tab. 2). Die Zytolo-

**Tab. 2** Physiologisches Zellbild im TBS  
*Physiological cell profile in tracheal wash fluid.*

Makrophagen	30-35%
Lymphozyten	25-30%
Neutrophile	10-30%
Mastzellen	0,5%
Eosinophile	0%

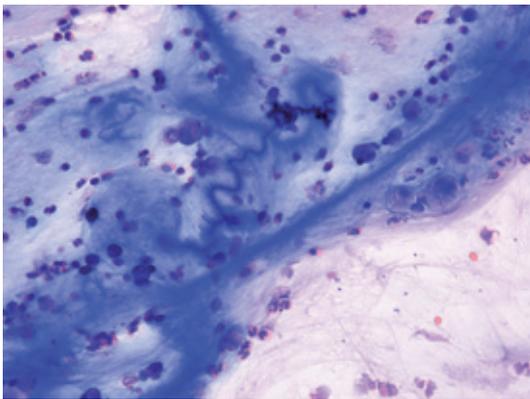
gie der bronchoalveolären Lavage-Flüssigkeit bei gesunden Pferden unterscheidet sich deutlich vom TBS-Zellbild (Tab. 3). Die Gesamtzellzahl in der BALF beträgt bei klinisch unauffälligen Pferden unter 500 Zellen pro  $\mu\text{l}$ . Die Zellzahlen variieren signifikant je nach genutzter Entnahmetechnik und hängen erheblich von den Lagerungsbedingungen ab (McKane

**Tab. 3** Physiologisches Zellbild in der BALF  
*Physiological cell profile in bronchoalveolar lavage fluid.*

Makrophagen	45-70%
Lymphozyten	30-50%
Neutrophile	0-8%
Mastzellen	0-5%
Eosinophile	0-1%

und *Slocombe 1999, McKane et al. 1993, Couetil und Denicola 1999, Beech 1975, Moore et al. 1995*). Beim älteren Pferd (> sechs Jahre) kann sich der Anteil Neutrophiler auf bis zu 15 Prozent erhöhen. Gleichzeitig sinkt der Anteil an Makrophagen und Lymphozyten.

Eine Beurteilung der Mukus-Mengen in einem TBS oder der BALF erfolgt am besten in Verbindung mit einer Bronchoskopie. Dabei kann außerdem die Schleimhautfarbe und mögliche Schleimhautschwellungen festgestellt werden. Bei gesunden Pferden ist die mukoziliäre Clearance effizient, so dass Abbau und Produktion des Mukus ausgeglichen sind. Material aus dem tiefen Respirationstrakt enthält immer geringgradige Schleimbeimengungen die in der gewonnenen Flüssig-



**Abb. 3** TBS: Curschmann-Spiralen sind Sekretaussgüsse der kleinen Bronchioli und stellen sich als dunkel gefärbte Spiralen dar. Sie weisen auf eine Beteiligung der kleinen Atemwege am Krankheitsgeschehen hin und werden oft bei Pferden gefunden, die über einen längeren Zeitraum exzessive Sekretmengen produzieren, welche nach Beseitigung von Obstruktion und Bronchospasmus mobilisiert wurden.

*Tracheal wash fluid: Curschmann's spirals are inspissated mucous casts of small bronchioli and appear as dark-staining tight spirals. Curschmann's spirals are usually found in samples obtained from animals with prolonged and excessive production of mucus when bronchospasm and obstruction have been removed.*

keit als Fasern flockigen Materials erscheinen (*Bain 1997*). Mukus tritt bei bakteriellen, viralen, parasitären Pneumonien, Bronchitis und Chronisch-obstruktiver Bronchitis (COB) vermehrt auf (*Dieckmann und Deegen 1990*). Stark eingedickter Mukus füllt die Bronchien aus, im TBS finden sich degenerative Leukozyten und Curschmannspiralen (Abb. 3).

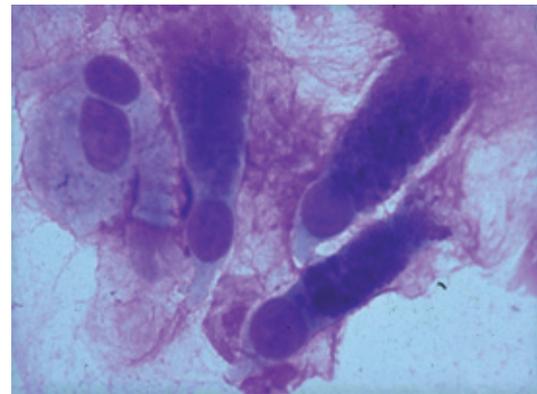
Epithelzellen kommen in einer sorgfältig gewonnenen BALF normalerweise nicht vor. Sie können je nach Herkunft unterschiedliche Formen annehmen:

- zylindrische Flimmerepithelzellen (Abb. 4)
- Epithelzellen verschiedener Typen ohne Zilien
- schleimproduzierende Becher-Zellen (Abb. 5)

Die so genannten Creolakörperchen sind von den Bronchien und Bronchioli abgelöste, abgerundete Epithelzellverbände (Abb. 6). Ihr Vorkommen ist normalerweise entnahmebedingt. Atypien des Epithels, wie Ziliozytophtoria und Multinukleation, können eine akute Epithelschädigung im Rahmen einer Virusinfektion anzeigen (*Freeman et al.*

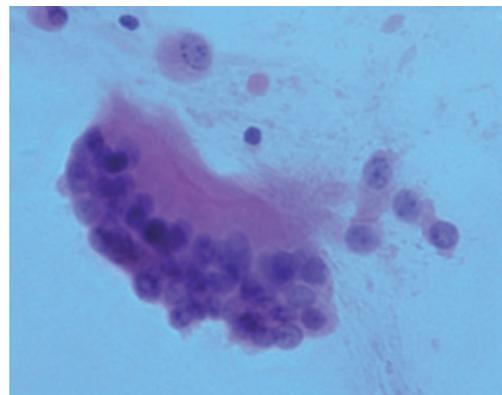


**Abb. 4** Flimmerepithel-Zelle mit typischen Zilien.  
*Ciliated columnar epithelial cells have distinct, fine cilia at the end of the cell opposite the nucleus.*



**Abb. 5** TBS: Becher-Zellen (Goblet-Zellen) mit schleimgefüllten, dunkel gefärbten Vakuolen und austretendem Schleim. Becher-Zellen sind im TBS gesunder Pferde nicht nachweisbar.

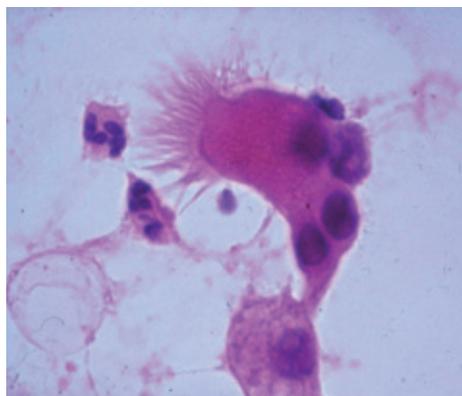
*Tracheal wash fluid: Goblet cells containing numerous azurophilic granules of mucus. They are not detectable in physiological tracheal wash samples of horses.*



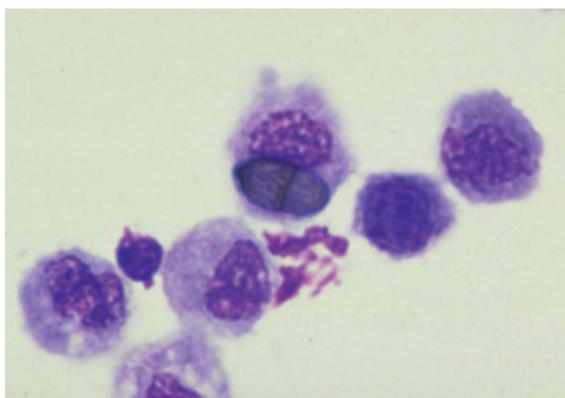
**Abb. 6** Das Vorkommen von Creolakörperchen ist meist eine Folge der Abrasio der Schleimhaut mit der Katheterspitze, kann aber auch auf degenerative Veränderungen mit Regenerationsstörungen der Schleimhaut hinweisen.

*Creola bodies are often found when the respiratory epithelium has been abraded with the tip of the catheter. They can also indicate a failure of regenerative processes of the mucous membranes.*

1993, Abb. 7). Zu beobachten ist dies bei schweren viralen Infektionen begleitet von bakteriellen Sekundärinfektionen. Bei einer primären bakteriellen Pneumonie sind die TBS- und BALF-Befunde ähnlich. Zusätzlich tritt dann auch eine erhöhte Anzahl neutrophiler Granulozyten auf (Gross et al. 1998). Makrophagen kommen unter physiologischen Bedin-



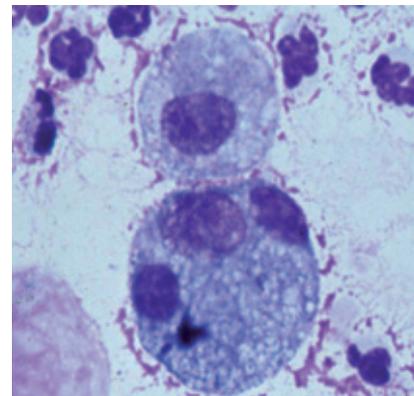
**Abb. 7** Veränderungen wie Ziliozytophthoria werden selten gesehen und sind wahrscheinlich unspezifisch.  
*Ciliocytophthoria and other epithelial variances are rare and may indicate viral infections.*



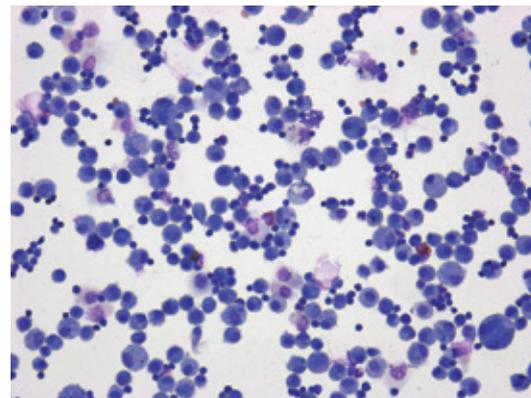
**Abb. 8** Makrophagen sind große, rundliche Zellen mit einem peripheren Zellkern. Manchmal kommen auch Zellen mit zwei oder mehreren Kernen vor. Hier abgebildet ist ein Makrophage mit einer phagozytierten Pflanze.  
*Macrophages are large round cells with a peripheral nucleus. Binucleate cells are common and even multinucleated cells can be detected occasionally. On the picture Macrophage containing pollen particle.*

gungen in den Alveolen vor (Abb. 8). Sie können sich jedoch auch in reaktive Entzündungszellen umwandeln. Steigt ihre Phagozytoseaktivität werden die Zellen größer und erhalten durch Füllung des Zytoplasmas mit lichtbrechenden Vakuolen ein schaumiges Aussehen (Schaumzellen oder schaumige Makrophagen (Abb. 9, Dieckmann und Deegen 1990)). Vom phagozytierten Material kann jedoch nicht zwangsläufig auf die Ursache der Erkrankung geschlossen werden. So bedeuten beispielsweise phagozytierte Pilzsporen oder -hyphen nicht, dass das Pferd eine mykotische Pneumonie hat. Auch phagozytierte Bakterien deuten nicht zwangsläufig auf eine bakterielle Pneumonie hin (beide Befunde werden auch bei Pferden mit COB und hgr. Clearancestörung beobachtet). Vielmehr müssen die zytologischen Befunde im Zusammenhang mit anderen Symptomen (Vorbericht, Klinik, Röntgen, Ultraschall usw.) betrachtet werden, um die Diagnose zu sichern.

Zu einer Erhöhung der Makrophagenzahl kommt es bei verschiedenen entzündlichen Lungenerkrankungen wie der Bronchiolitis (Small Airway Disease), der interstitiellen Pneumopathie (Abb. 10) und der COB. Eine Erhöhung der Makrophagen wird auch beobachtet, wenn die mukoziliäre Clearance nach vorangegangener Obstruktion und Bronchospasmus



**Abb. 9** Schaumige Alveolarmakrophagen.  
*Alveolarmacrophages with foamy cytoplasm indicating phagocytosis of surfactant.*



**Abb. 10** BALF: Interstitielle Pneumopathie: deutlich erhöhtes Vorkommen von Alveolarmakrophagen.

*BALF: Interstitial pneumopathy: explicitly increased amount of alveolar macrophages.*

verbessert wurde (z.B. durch Bewegung oder Medikamente). Dabei treten dann besonders viele schaumige Makrophagen auf. Häufig sind auch vermehrt Riesenzellen (Epitheloidzellen) zu finden (Abb. 11).

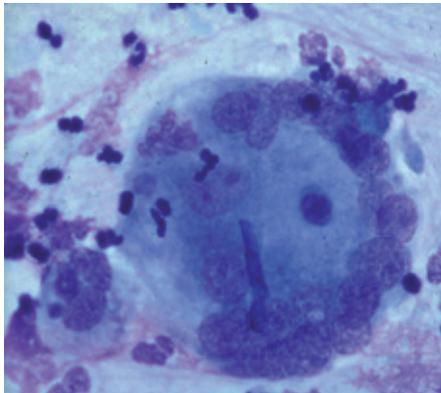
Erhöhte Mengen eosinophiler Granulozyten (Abb. 12) indizieren eine Hypersensitivitätsreaktion und können bei allergischer Bronchitis (unter anderem auch der COB) und bei Befall mit Lungenwürmern (*Dictyocaulus arnfieldi*) festgestellt werden (Hare und Viel 1998, Abb. 13). Eosinophile Entzündungen sind normalerweise auch mit einer deutlichen Vermehrung der Alveolarmakrophagen assoziiert (Mackay und Urquhart 1979).

Die so genannten Charcot-Leyden-Kristalle sind Zerfallsprodukte der eosinophilen Granulozyten, die bei allergischer Bronchitis vermehrt beobachtet werden (Abb. 14).

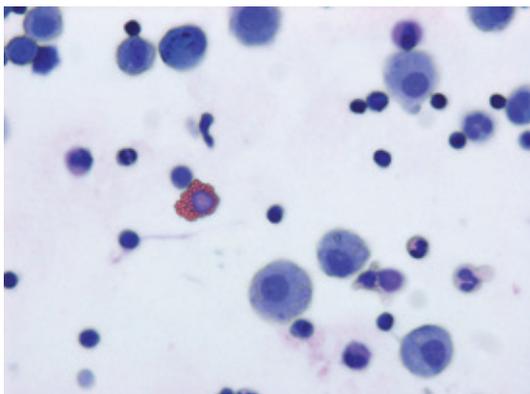
Beim gesunden Pferd ist der Anteil neutrophiler Granulozyten im TBS gering. Die neutrophilen Granulozyten reagieren auf multiple Stimuli und ihre Anzahl variiert daher schnell und deut-

lich (Abb. 15). Im TBS sind grundsätzlich mehr neutrophile Granulozyten vorhanden als in der BALF, was durch die höhere Exposition der größeren Atemwege erklärt werden kann.

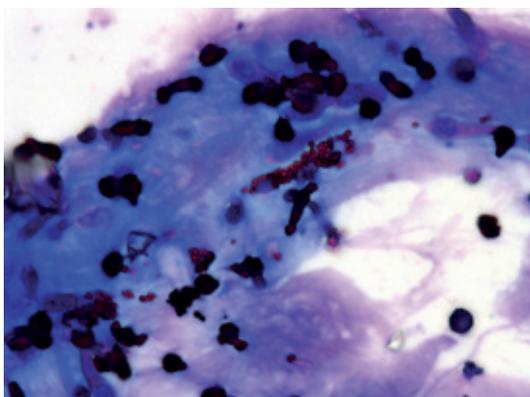
Bei der akuten Entzündung stellen neutrophile Granulozyten die überwiegende Zellpopulation dar (Whitwell und Greet 1984, Bain 1997, Larson und Busch 1985, McKa-



**Abb. 11** Riesenzellen (Epitheloidzellen) sind große, mehrkernige Makrophagen mit homogenem, basophilen Zytoplasma. Sie sind auf gesteigerte Phagozytoseaktivitäten spezialisiert.  
*Epithelioid cells are large multinucleated macrophages with homogeneous cytoplasm. They are specialized for increased phagocytosis.*

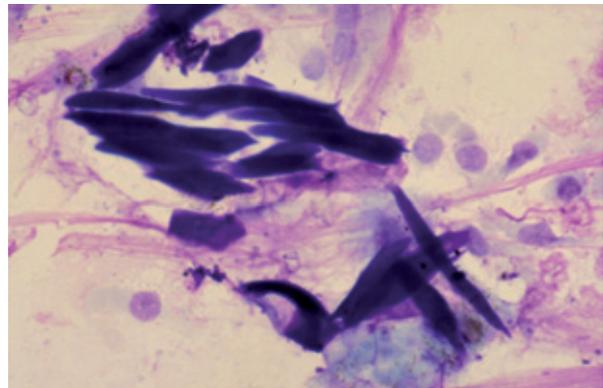


**Abb. 12** BALF: Die eosinophilen Granulozyten zeigen die typische, himbeerähnliche Granulation des Zytoplasmas. Die Zellen degenerieren sehr leicht. Dann kommt es zum Auftreten von Zellfragmenten und freien eosinophilen Granula.  
*BALF: Eosinophils show typical granulation of cytoplasm. They degenerate easily. Accordingly cell fragments and free eosinophilic granula can be found in the sample.*

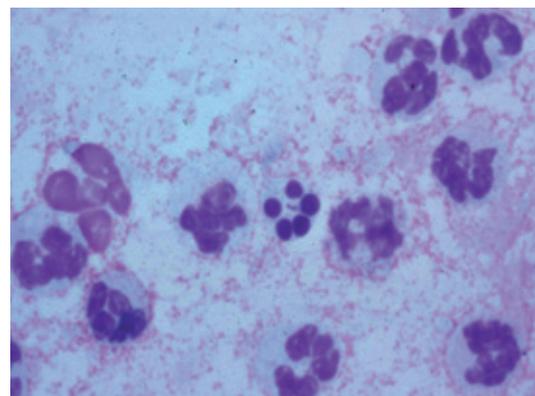


**Abb. 13** TBS: Eosinophile Entzündung.  
*Tracheal wash fluid: Eosinophilic inflammation suggests hypersensitivity and is seen in allergic bronchitis and lungworm migration.*

ne und Slocombe 1999, Beech 1975, Bursh und Jensen 1987). Besteht eine Entzündungsreaktion über einen längeren Zeitraum, ändert sich das Verhältnis der Neutrophilen zu den Makrophagen zu Gunsten der Makrophagen (Bain 1997, Larson und Busch 1985, Derksen et al. 1989, McKane und Slocombe 1999, Bursh und Jensen 1987).



**Abb. 14** Charcot-Leyden-Kristalle.  
*Charcot-Leyden crystals represent breakdown products of eosinophils.*

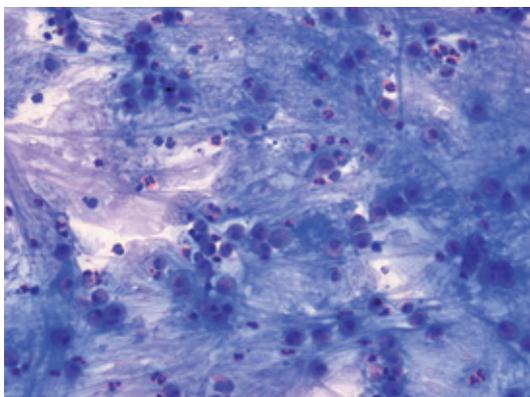


**Abb. 15** TBS: Eine erhöhte Anzahl neutrophiler Granulozyten ist mit einer erhöhten Gesamtzellzahl in Bezug zu setzen. Dabei sind die Neutrophilen meist proportional am stärksten erhöht. Bei der bakteriellen (Pleuro-) pneumonie übersteigt der Anteil Neutrophiler 40 % (es wurden sogar Werte über 90% beschrieben).  
*Tracheal wash fluid: Increased amounts of Neutrophils have to be seen in reference to total cell counts. In the process neutrophil numbers are proportionally most elevated. In bacterial pleuropneumonias neutrophil numbers exceed 40 %, even numbers above 90 % were found.*

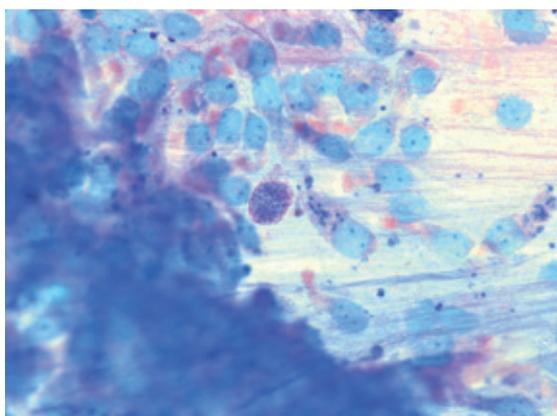
Die Dauer einer Entzündung (akut, subakut, chronisch) kann jedoch anhand des Zellbildes alleine nicht sicher bestimmt werden. Bei der COB zeigt sich zytologisch neben einer vermehrten Schleimansammlung, eine Kombination aus Neutrophilen und Makrophagen (Derksen et al. 1985, Abb. 16). Die Anzahl der Neutrophilen korreliert dabei mit dem Schweregrad der Erkrankung.

Bei Pferden mit COB liegt der relative Anteil der Neutrophilen in der BAL regelmäßig über 25 Prozent, aber auch die anderen Zellzahlen sind absolut erhöht (Debrue et al. 2005) Mastzellen im TBS/BALF sind beim Pferd selten und meist Zeichen für hyperreaktive Pneumopathien z.B. durch Schimmelpilze (Ferro et al. 2000, Abb. 17). In der BALF finden sich grundsätzlich höhere Zahlen als im TBS.

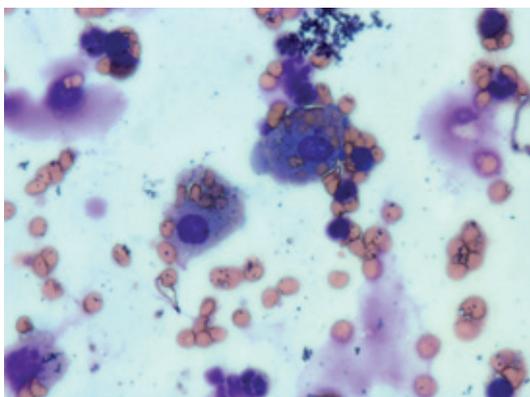
Erythrozyten im TBS/BALF können Folge von entnahmebedingten Epitheltraumen sein (Abb. 18). Sie können aber auch Entzündungszustände oder andere blutungsbedingte Lungenerkrankungen begleiten (z.B. belastungsinduziertes Lungenbluten = Exercise-induced pulmonary hemorrhage (Bain 1997, Roberts und Erickson 1999)).



**Abb. 16** Chronisch-obstruktive Bronchitis im TBS: gemischtes Zellbild aus neutrophilen Granulozyten und Alveolarmakrophagen.  
*Chronic obstructive bronchitis/Recurrent Airway obstruction in tracheal wash fluid: increased amount of mucus accompanied by a mixed neutrophil and macrophage exudate.*

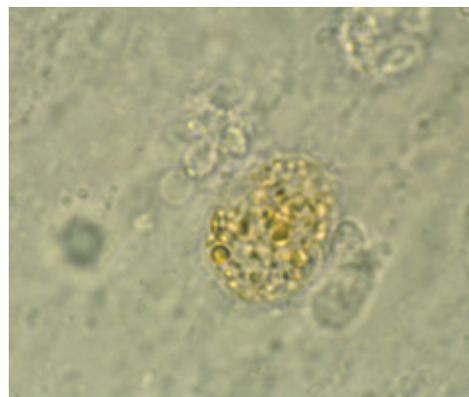


**Abb. 17** TBS: Mastzellen sind große rundliche Zellen und zeigen einen basophilen, zentralständigen Kern, sowie ein feinkörniges basophiles Zytoplasma.  
*Tracheal wash fluid: Mast cells are large round cells with a basophilic central nucleus and a fine granulation cytoplasm.*

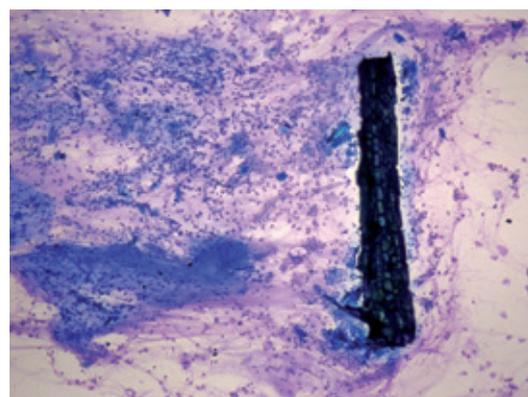


**Abb. 18** BALF: Makrophagen mit phagozytierten Erythrozyten.  
*BALF: Macrophages containing erythrocytes (erythrophagocytosis).*

Obwohl bei dem EIPH meist eine lokale Blutung im kaudodorsalen Bereich der Lunge erfolgt, ist die BALF ein sensibler Indikator, um Hinweise auf Blutungen zu aufzudecken (Walbridge und Welles 2006). Bei Blutungen zeigen die Makrophagen Erythrophagozytose oder sie enthalten Erythrozyten-Abbauprodukte wie Hämatoidin oder Hämosiderin (Abb. 19). Mit Hämosiderin-beladene Makrophagen sind häufig auch



**Abb. 19** Hämosiderophage. Olivgrüne Pigmente zeigen eine frische Blutung an, goldene Pigmente sprechen für eine ältere Blutung.  
*Hemosiderophage. Olive-green pigments represent a recent bleeding, gold pigments show anterior bleeding.*



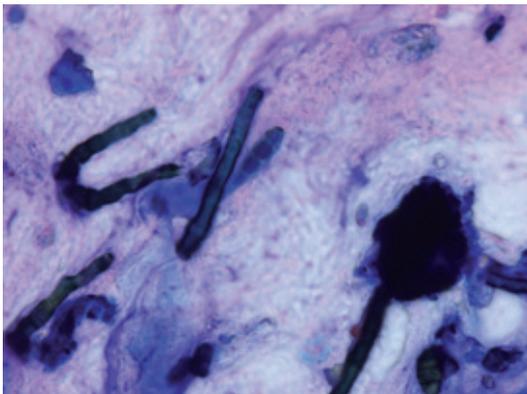
**Abb. 20** TBS: Pflanzenteile, die durch die Entnahme des TBS als Kontaminanten in der Probe auftauchen.  
*Tracheal wash fluid: Plant particles are often contaminants in tracheal wash samples.*

längere Zeit (> drei Wochen) nach einer EIPH-Episode nachweisbar (Meyer et al. 1998, Beech 1975).

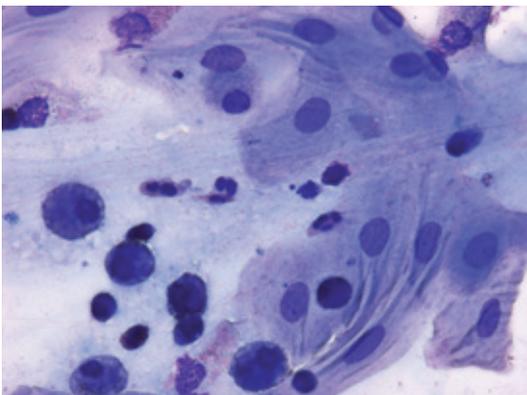
Substanzen, die nicht aus dem Respirationstrakt stammen, können ebenfalls in den Ausstrichen gefunden werden. Normalerweise handelt es sich dabei um eine Kontamination bei der Durchführung der TBS- oder BALF-Entnahme mit Bakterien, Pflanzenmaterial (Pollen), Pilzelementen und Kristallen (Abb. 20, 21). Es kann aber auch inhaliertes Material sein, welches nicht durch die mukoziliäre Clearance des Flimmerepithels entfernt werden konnte, z.B. aufgrund einer COB mit gestörter Clearance oder bei einer Rauchinhalation. Häufig sind in der Probe auch Plattenepithelien oder Teile davon zu finden, die ihren Ursprung in der Maulhöhle oder im Pharynx haben (Abb. 22).

Bei chronischen Erkrankungen wie der COB kann es außerdem zu Plattenepithelmetaplasien der tiefen Atemwege kommen. Diese gehen aus Flimmerepithelzellen hervor und können sich nicht mehr aktiv am Mukoziliärtransport beteiligen.

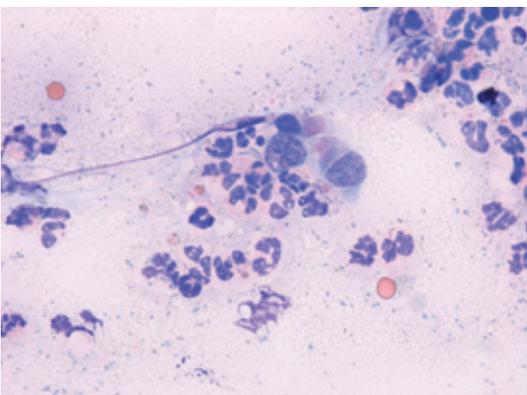
Ein Zeichen dafür, dass die Probe mit Material aus Maul, Pharynx oder Nasengängen verunreinigt wurde, ist der Nachweis von verschiedenen Organismen.



**Abb. 21** TBS: Schwarzschildersporen. Kontaminanten-Pilze, insbesondere *Alternaria* spp., müssen von wahren Pathogenen, insbesondere von *Aspergillus* spp, unterschieden werden.  
*Tracheal wash fluid: Black mold spores from inhalation of hay particles. Contaminating fungi, especially Alternaria spp., must be distinguished from true pathogens, especially Aspergillus spp*



**Abb. 22** BALF: Plattenepithelien sind große Zellen, die sehr flach erscheinen. Ihre Kerne sind oft pyknotisch oder fragmentiert. Bakterien, die ihrer Oberfläche anhaften, sind Kontaminanten aus Maulhöhle, Pharynx oder Nasengängen.  
*BALF: Squamous cells are large, flat cells with fragmented or pyknotic nuclei. Bacteria may be adhered to their surfaces. These organisms are contaminants from the mouth, pharynx or nasal passages.*



**Abb. 23** TBS: Bakterielle Mischflora. Die zytologische Auswertung, kombiniert mit der klinischen Symptomatik hilft, die Signifikanz von gefundenen Bakterien oder anderen Substanzen zu bestimmen.  
*Tracheal wash fluid: Mixed bacteria. Cytological evaluation combined with clinical symptoms can help to evaluate the significance of bacteria in the sample.*

Bei Bakterien ist es wichtig zu differenzieren, ob diese durch Verunreinigung aus den oberen Atemwegen, der Maulhöhle oder der Umwelt in die tiefen Atemwege gelangt sind. Der bakterielle Nachweis (Abb. 23) hat nur in Kombination mit vermehrtem Schleim, erhöhten Gesamtzellzahlen, und relativ bzw. absolut erhöhten Neutrophilenzahlen (mit z.T. degenerierten Neutrophilen) und intrazellulären Bakterien eine Bedeutung. Wenn Bakterien intrazellulär vorliegen, kann dies ein Indikator für eine Sepsis sein. Offensichtlich kontaminierte Proben sind nicht zum Anlegen einer Kultur geeignet, auch wenn obige Kriterien erfüllt sind. Um eine Kontamination der Proben durch die Flora der oberen Atemwege (hereintransportierter Speichel, Futterpartikel etc.) zu verringern, empfiehlt es sich, die Probe auf dem „Hinweg“ zu nehmen. Aufgrund ihrer Form (Stäbchen, Kokken, kokkoide Stäbchen) können Bakterien schon im Ausstrich grob klassifiziert werden. Weitere Informationen können durch die gram-Färbung gewonnen werden.

Als Kontaminanten der Probe finden sich meist *Staphylococcus* spp (koagulasenaktiv und gram-positiv), sowie *Pseudomonas* spp. und *Proteus* spp. Das beim Pferd am häufigsten vorkommende lungenpathogene Bakterium ist *Streptococcus zooepidemicus* (gram-positiv). *Rhodococcus equi*, ein Pathogen der jungen Fohlen, ist ebenfalls ein gram-positives kokkoides Stäbchen, das oft intrazellulär vorkommt und die Form eines „Wassermelonen“-Kerns aufweist. Zu den gram-negativen lungenpathogenen Bakterien gehören *Actinobacillus suis*-ähnliche Kokken (Jang et al. 1987), *Pasteurella* spp., *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter* spp.) und viele Anaerobier (z.B. *Fusobacterium necrophorum*, *Bacteroides* spp. und *Clostridium* spp., Hirsh und Jang 1987, Jang et al. 1987, Traub-Dargatz 1991, Hoffman et al. 1993, Carlson und O'Brien 1990). Differentialdiagnostisch sollten andere kleine, runde oder längliche Strukturen, wie beispielsweise muköse Granula, Mast-Zell-Granula und ausgefallene Färbemittel abgegrenzt werden.

Wird das TBS nicht unmittelbar nach der Entnahme ausgestrichen, kann es auch zu einer sekundären Keimbesiedlung kommen. Auch das Endoskop selbst (insbesondere der Arbeitskanal) kann eine mögliche Kontaminationsquelle darstellen. Anzeichen einer oralen oder pharyngealen Kontamination finden sich auch in Proben von Pferden mit Aspirationspneumonie. Wenn eine Entzündung der tiefen Atemwege mit einer Kontamination aus den oberen Atemwegen einhergeht, sollte deshalb auch eine Aspirationspneumonie differentialdiagnostisch in Betracht gezogen werden.

Auch Pilzbestandteile oder Protozoen können in TBS/ BALF auftreten. Die meisten respiratorischen Pilzinfektionen entstehen sekundär als Folge von Immunsuppressionen, schweren Lungenerkrankungen oder anderen Erkrankungen, wie Entero-Kolitis, Peritonitis, Endotoxämie oder Septikämie (Sweeney 1996, Riley et al. 1992). Der am häufigsten identifizierte, pathogene Pilz des tiefen Respirationstrakts beim Pferd ist *Aspergillus* spp.

Auch das Zystenstadium des Protozoons *Pneumocystis carinii* kann zytologisch in den TBS- und BALF-Proben identifiziert werden. *P. carinii* löst primäre Pneumonien bei immunsupprimierten Fohlen aus (Ainsworth et al. 1993, Ewing et al. 1994).

### Sonstige Einwirkungen auf die Qualität von TBS und BALF

Ein Transport des zu untersuchenden Pferdes kann entscheidende Auswirkungen auf die Qualität des TBS haben. Sechs bis zwölf Stunden nach Fixierung des Kopfes (Anbinden) kommt es zu einer starken Erhöhung der Bakterien und inflammatorischen Zellen in den tiefen Atemwegen. Bei Dehydratation, beispielsweise durch weite Transporte oder heiße Witterung, ist die mukoziliäre Clearance verlängert. Des Weiteren ist die oropharyngeale Kontamination nach Belastung erhöht, die Clearance dauert beim gesunden Pferd etwa 30 Minuten.

### Diskussion

Bei der Entscheidung ob eine TBS und/ oder eine BAL durchgeführt werden sollen, spielen neben dem zur Verfügung stehenden Praxisequipment auch der Vorbericht, die Symptome, sowie die Nutzungsrichtung der Patienten (Freizeit- oder Sportpferd) eine Rolle (Tab. 4). Auch die Befunde der Endoskopie

**Tab. 4** Informationswert von TBS und BAL bei verschiedenen Lungenerkrankungen (- = keiner, + = gering, ++ = gut, +++ = sehr gut).

*Informational value of tracheal wash and bronchoalveolar lavage fluid.*

Pneumopathie	TBS	BAL
COB/RAO	++	+++
Allergische Pneumopathie	+	+++
Lungenbluten (EIPH)	+	+++
Interstitielle Pneumopathie	+	+++
Parasitäre Bronchiolitis	++	+++
Bronchopneumonie	+++	-
Herdförmige Pneumonie	+++	-

beeinflussen diese Entscheidung (z.B. kein TBS vorhanden). Das TBS stellt i.d.R. eine Poolprobe der gesamten Lunge dar und ist deshalb bei generalisierten Lungenerkrankungen repräsentativ. Mit der Tracheobronchialsekret-Zytologie erhält man einen Überblick über den morphologischen Zustand des respiratorischen Epithels und über die mukoziliäre Clearance (z.B. gestörte Elimination inhalierter Substanzen). Man bekommt somit wichtige Hinweise über akute, degenerative Veränderungen und chronische Umbauprozesse der respiratorischen Schleimhaut.

Die Vorzüge der TBS-Analyse sind bei Erkrankungen zu sehen, die bakteriell bedingt sind (bakterielle Pneumonie oder Pleuropneumonie). Die BAL wäre in diesen Fällen sogar kontraindiziert, da sie zu einem weiteren Einbringen der Keime in die tieferen Lungenbezirke führen kann. Bei Nasenausfluß, persistierender Tachypnoe, Dyspnoe und Fieber ist deshalb die Entnahme von TBS zur bakteriologischen und zytologischen Untersuchung zu empfehlen. Ein weiterer Vorteil des TBS ist es, dass das entnommene Sekret unmittelbar nach der Entnahme auf einem Objektträger ausgestrichen und untersucht werden kann, da im Normalfall eine Probe genug Zellen zur Auswertung enthält. In der BALF ist die Zellzählung dagegen häufig schwieriger, da sie eher zellarm ist. Die Probe muß zunächst zentrifugiert werden, um eine ausreichende Zellmenge zu

erhalten. Als Nachteil ist zu werten, dass TBS-Proben häufig stark mit Umgebungspartikeln und -keimen belastet sind.

Die BAL stellt die Methode der Wahl zur Charakterisierung diffuser Lungenerkrankungen dar (Tab. 4). In Studien wurde nachgewiesen, dass eine gute Korrelation zwischen der BAL-Zytologie und der Histopathologie der Lunge besteht (Rush und Mair 2004). Bei nicht diffusen Erkrankungen der Lunge ist der Einsatz der BAL allerdings limitiert, da lediglich ein lokales Segment der distalen Atemwege beprobt wird.

Durch die Entnahme aus der Tiefe spiegelt die BAL die Entzündungsprozesse in den untersuchten Lungenbereichen besser wieder als das Tracheobronchialsekret aus der Peripherie der unteren Atemwege. Besondere Bedeutung gewinnt die BAL, wenn kein oder nicht genügend TBS zur Auswertung vorhanden ist. Auch zur Diagnostik von Erkrankungen, bei denen die Zellpopulationen der Alveolen (Alveolarmakrophagen, Lymphozyten) von Bedeutung sind (z.B. interstitielle Pneumonie, Bronchiolitis) liefert die BAL entscheidende Hinweise. Vorteile bietet die BAL außerdem bei der Diagnostik der chronisch-obstruktiven Bronchitis (COB) und des belastungsinduzierten Lungenblutens (EIPH=Exercise induced pulmonary hemorrhage). Bei hochgradiger COB sind wegen massiver Anhäufung von Mukus und der dichteren Anordnung der Schleimfäden oft ausschließlich neutrophile Granulozyten im TBS zu erkennen. Die Differenzierung anderer Zellen ist dabei erschwert oder sogar unmöglich (Grabner 2005). Mit Hilfe der BAL kann der Zellgehalt ohne starke Schleimbeimengungen bestimmt werden. Des Weiteren können mithilfe der BAL gezielt kaudo-dorsale Lungenareale beprobt werden, um eine noch sensitivere Diagnostik der EIPH zu erreichen. Die TBS-Analyse ist dagegen bei der Diagnostik des EIPH weniger sensitiv.

### Fazit

Sowohl TBS als auch BAL haben ihre spezifischen Vorteile. Die TBS-Entnahme und -Analyse stellt dabei zwar die „praxisfreundlichere“ Untersuchungsmethode dar, jedoch ist sie der BAL in einigen Fällen unterlegen. Eine Kombination beider Methoden sollte immer dann erfolgen, wenn Leistungsinuffizienzen bestehen, die mit einer Lungenerkrankung in Verbindung gebracht werden. Auch bei Husten, der nur unter Belastung auftritt, sowie bei intermittierenden, undeutlichen Krankheitsbildern kann ein Heranziehen beider Techniken helfen, die Diagnose zu stellen und eine geeignete Therapie einzuleiten.

### Literatur

- Ainsworth D. M., Weldon A. D., Beck K. A. und Rowland P. H. (1993) Recognition of *Pneumocystis carinii* in foals with respiratory distress. *Equine Vet. J.* 25, 103-108
- Bain F. T. (1997) Cytology of the respiratory tract. *Vet. Clin. North Am. (Equine Pract)* 13, 477-486
- Beech J. (1981) Technique of tracheobronchial aspiration in the horse. *Equine Vet. J.* 13, 136-137
- Beech J. (1975) Cytology of tracheobronchial aspirates in horses. *Vet. Pathol.* 12, 157-164
- Beech J. (1996) In: Smith: Large Animal Internal Medicine. St. Louis, Mosby, 595-596

- Carlson G. P. und O'Brien M. A. (1990) Anaerobic bacterial pneumonia with septicemia in two racehorses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196, 941-943
- Couetil, L. L. und Denicola D. B. (1999) Blood gas, plasma lactate and bronchoalveolar lavage cytology analyses in racehorses with respiratory disease. *Equine Vet. J. Suppl.* 30, 77-82
- Debrue M., Hamilton E., Joubert P., Lajoie-Kadoch S. und Lavoie J. P. (2005) Chronic exacerbation of equine heaves is associated with an increased expression of interleukin-17 mRNA in bronchoalveolar lavage cells. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 105, 25-31
- Derksen F. J., Scott J. S., Miller D. C., Slocombe R. F. und Robinson N. E. (1985) Bronchoalveolar lavage in ponies with recurrent airway obstruction (heaves). *Am. Rev. Respir. Dis.* 132, 1066-1070
- Derksen F. J., Brown C. M., Sonea I., Darren B. J. und Robinson N. E. (1989) Comparison of transtracheal aspirate and bronchoalveolar lavage in 50 horses with chronic lung disease. *Equine Vet. J.* 21, 23-26
- Dieckmann M. und Deegen E. (1990) Klinische Bedeutung der Tracheobronchialsekret-Zytologie. *Pferdeheilkunde* 6, 101-110
- Dixon P. M., Railton D. I. und McGorum B. C. (1995) Equine pulmonary disease: a case control study of 300 referred cases. Part 3: Ancillary diagnostic findings. *Equine Vet. J.* 27, 428-435
- Ewing P. J., Cowell R. L., Tyler R. D., MacAllister C. G. und Meinkoth J. H. (1994) Pneumocystis carinii pneumonia in foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 204, 929-933
- Ferro E., Ferrucci F., Salimei E., Antonin M., Godazza D und Caniatti M. (2000) Zusammenhang zwischen Stallhaltungsbedingungen und Lungenzustand bei gesunden Pferden. *Pferdeheilkunde* 16, 579-586
- Franchini M., Gilli U., Akens M. K., Fellenberg R. V. und Bracher V. (1998) The role of neutrophil chemotactic cytokines in the pathogenesis of equine chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Vet. Immunol. Immunopathol.* 66, 53-65
- Freeman K. P., Roszel J. F., McCure J. M., Mannsman R., Patton P. E. und Naile S. (1993) A review of cytological specimens from horses with and without clinical signs of respiratory disease. *Equine Vet. J.* 25, 523-526
- Hare J. E. und Viel L. (1998) Pulmonary eosinophilia associated with increased airway responsiveness in young racing horses. *J. Vet. Intern. Med.* 12, 163-170
- Grabner A. (2005) In: Kraft und Dürr: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 6. Aufl. Stuttgart, Schattauer, 324-330
- Gross D. K., Hinchcliff K. W., French P. S., Goelan S. A., Lahmers K. K., Lauderdale M., Ellis J. A., Haines D. M., Slemmons R. D. und Morley P. S. (1998) Effect of moderate exercise on the severity of clinical signs associated with influenza virus infection in horses. *Equine Vet J* 30, 489-497
- Hare J. E. und Viel L. (1998) Pulmonary eosinophilia associated with increased airway responsiveness in young racing horses. *J. Vet. Intern. Med.* 12, 163-170
- Hirsh D. C. und Jang S. (1987) Antimicrobial susceptibility of bacterial pathogens from horses. *Vet. Clin. North. Am. (Equine Pract.)* 3, 181-190
- Hoffman A. M., Viel L., Prescott J. F., Rosendal S. und Thorsen J. (1993) Association of microbiologic flora with clinical, endoscopic, and pulmonary cytologic findings in foals with distal respiratory tract infection. *Am. J. Vet. Res.* 54, 1615-1622
- Hoffman A. M. und Viel L. (1997) Techniques for sampling the respiratory tract of horses. *Vet. Clin. North. Am.* 13, 463-475
- Jang S., Biberstein E. L. und Hirsh D. C. (1987) Actinobacillus suis-like organisms in horses. *Am. J. Vet. Res.* 48, 1036-1038
- Larson V. L. und Busch R. H. (1985) Equine tracheobronchial lavage: comparison of lavage cytology and pulmonary histopathologic findings. *Am. J. Vet. Res.* 46, 144-146
- Mair T. S., Stokes C. R. und Bourne F. J. (1987) Cellular content of secretions obtained by lavage from different levels of the equine respiratory tract. *Equine Vet. J.* 19, 458-462
- Mansmann R. A. und Knight H. D. (1972) Transtracheal aspiration in the horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 160, 1527-1529
- MacKay R. J. und Urquhart K. A. (1979) An outbreak of eosinophilic bronchitis in horses possibly associated with Dictyocaulus arnfieldi infection. *Equine Vet. J.* 11, 110-112
- McKane S. A., Canfield P. J. und Rose R. J. (1993) Equine bronchoalveolar lavage cytology: survey of Thoroughbred racehorses in training. *Aust. Vet. J.* 70, 401-404
- McKane S. A. und Slocombe R. F. (1999). Sequential changes in bronchoalveolar cytology after autologous blood inoculation. *Equine Vet. J. Suppl.* 30, 126-130
- Meyer T. S., Fedde M. R., Gaughan E. M., Langsetmo I. und Erickson H. H. (1998) Quantification of exercise-induced pulmonary haemorrhage with bronchoalveolar lavage. *Equine Vet. J.* 30, 284-286.
- Moore B., Krakowka S., Robertson J. T. und Cummins J. M. (1995) Cytologic evaluation of bronchoalveolar lavage fluid obtained from Standard bred racehorses with inflammatory airway disease. *Am. J. Vet. Res.* 56, 562-567
- Nuytten J., Muylle E., Oyaert W., van den Hende C., Vlaminck K. und de Keersmaecker F. (1983) Cytology, bacteriology, and phagocytic capacity of tracheobronchial aspirates in healthy horses and horses with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Zbl.Vet. Med. A* 30, 114-120
- Riley C. B., Bolton J. R., Mills J. N. und Thomas J. B. (1992) Cryptococcosis in seven horses. *Aust. Vet. J.* 69, 135-139
- Roberts C. A. und Erickson H. H. (1999) Exercise-induced pulmonary hemorrhage workshop. *Equine Vet. J. Suppl.* 30, 642-644
- Rush B. und Mair T. (2004) *Equine respiratory diseases.* Oxford: Blackwell Publishing
- Savage C. J., Traub-Dargatz J. L. und Mumford E. L. (1998) Survey of the large animal diplomats of the American College of Veterinary Internal Medicine regarding percutaneous lung biopsy in the horse. *J. Vet. Intern. Med.* 12, 456-464
- Sweeney C. R. (1996) In: Smith B. P.: Large Animal Internal Medicine. St. Louis, Mosby, 576-577
- Waldridge B. M. und Welles E. G. (2006) How to perform a Bronchoalveolar Lavage Using a Three-Meter Gastroscope. In: 52 Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners-AAEP, San Antonio, Texas
- Sweeney C. R. (1999) In: Proceedings of the 45 Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners
- Traub-Dargatz J. L. (1991) Bacterial pneumonia. *Vet. Clin. North. Am. (Equine Pract.)* 7, 53-61
- Viel L., Hewson J., Parsons D., Staempfli H., Kenney D. und Baird J. (2000) Tracheal aspirates and bronchoalveolar lavage fluid cell differentials in poor performance racing horses. In: Proceedings of 18th Symposium CRS, 57
- Wagner B. A. (1996) In: Smith B. P.: Large Animal Internal Medicine. St. Louis, Mosby, 550-565
- Wehrli M., Feige K., Franchini M., Kästner S. und Geissbühler U. (2000) Untersuchung zur Technik und Aussagekraft einer bronchoalveolären Lavage (BAL) durchgeführt mit Hilfe eines flexiblen Silikonkatheters ohne endoskopische Kontrolle. *Pferdeheilkunde* 16, 373-378
- Wenisch T., Fey K. und Sasse H. H. L. (2001) Zum Einfluss der Präparateerstellung und Lagerung auf die absolute Zellzahl und das Differenzialzellbild der bronchoalveolären Lavageflüssigkeit (BALF) beim Pferd. *Tierärztl. Prax.* 29, 249-255
- Whitwell K. E. und Greet T. R. (1984) Collection and evaluation of tracheobronchial washes in the horse. *Equine Vet. J.* 16, 499-508

Dr. Anna May  
Klinik für Pferde  
Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Veterinärstr. 13  
80739 München  
kontakt@pferd.vetmed.uni-muenchen.de