

Rhodococcus equi-Pneumonie bei Fohlen

Marc Lämmer¹, Saskia Walther¹ und Monica Venner¹

Gestüt Lewitz, Neustadt-Glewe¹ und Tierärztliche Klinik Kaufunger Wald, Kaufungen²

Zusammenfassung

Die *Rhodococcus equi*-Pneumonie führt in der Fohlenaufzucht aufgrund der hohen Morbidität und Mortalität zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten. Eine möglichst frühzeitige Diagnose der Erkrankung ist essentiell für ein zügiges Einleiten einer erfolgreichen Behandlung des Patienten im frühen Stadium der Lungenveränderungen. Die klinische Verdachtsdiagnose wird häufig durch mikrobiologische Untersuchungen abgesichert, da das Bakterium *R. equi* sich im Kot, Tracheobronchialsekret, Nasentupfer oder in der Atemluft nachweisen lässt. Die kulturelle Isolierung ist jedoch nicht ausreichend sensitiv, weil der Erreger intermittierend ausgeschieden wird. Zeitnaher und sensibler als die Anzüchtung des Erregers haben sich bildgebende Verfahren wie die Radiographie und die Sonographie erwiesen. Mit Hilfe beider Methoden kann eine abszedierende Bronchopneumonie in einem frühen Stadium der Erkrankung erkannt werden. Zur Behandlung von Fohlen mit *R. equi*-bedingten Lungenabszessen wird die Kombination eines Makrolid-Antibiotikums (z.B. Azithromycin, Clarithromycin oder Tulathromycin) mit Rifampicin über einen Zeitraum von mindestens sechs Wochen empfohlen. Flankierend bleiben prophylaktische Maßnahmen im Bereich der Hygiene in der peripartalen und späteren Aufzucht-Phase. Zusätzlich lässt sich die Verlustrate durch Pneumonie bei den Fohlen durch tägliche Beobachtung des Fohlens durch den Fohlenhalter deutlich reduzieren. Bei Auffälligkeit sollte eine Allgemeinuntersuchung, die Bestimmung der Blutleukozytenzahl und ggf. durch eine sonographische Lungenuntersuchung der Fohlen vorgenommen werden, um eine Früherkennung der Pneumonie zu sichern.

Schlüsselwörter: Fohlen, *Rhodococcus equi*, Bronchopneumonie, Sonographie, bildgebende Diagnostik

Rhodococcus equi pneumonia in the foal

R. equi pneumonia can cause high losses in foals and consequently economic damages in breeding farms because of high morbidity and mortality rates. A diagnosis in an early state of disease is as important as the initiation of an adequate therapy. *R. equi* can be isolated in faeces, tracheobronchial secretions, nasal swabs or in air samples. As the bacterium is intermittently excreted, the detection is not sufficiently sensitive and is time consuming. Diagnostic imaging techniques like sonography and radiography are more sensitive in diagnosing *R. equi* pneumonia in foals than culture or PCR. Both can detect abscessing pneumonia in an early stage of the disease. Treatment should be started early and with the combination of a macrolid (azithromycin, clarithromycin or tulathromycin) and rifampicin. Beside the early diagnosis and therapy it is recommended to care for high level hygienic environment during parturition and the first 3 months of the neonatal period. So far no specific prophylactic measures have been identified which could account to a reduced morbidity of foals on *R. equi* endemic farms. Daily evaluation of the foals and clinical and possibly sonographical examination of the lung however will certainly help to detect foals in an early state of *R. equi* pneumonia.

Key words: Equine, foal, *Rhodococcus equi*, bronchopneumonia, sonography, diagnosis, therapy

Atemwegserkrankungen bei Fohlen stellen ein ernst zu nehmendes Problem im Hinblick auf Gesundheit und Wirtschaftlichkeit in der Fohlenaufzucht dar. Erkrankungen des Respirationstraktes können bei Fohlen durch Infektion mit Bakterien und Viren hervorgerufen werden. Zu den häufigsten Erregern zählen Herpes- und Influenza-Viren, Klebsiellen, Streptokokken, *Actinobacillus* und Rhodokokken (Varga et al. 1997, Chapman 2000, Timoney 2004).

Rhodococcus equi: der Erreger und seine Eigenschaften

Rhodococcus equi (*R. equi*) ist der am häufigsten vorkommende Erreger von schweren, oft lebensbedrohlichen Pneumonien bei Fohlen im Alter von vier bis zwölf Wochen. Es ist ein grampositives Bakterium und ein ubiquitär vorkommender Bodensaprophyt mit ausgesprochen hoher Tenazität. *R. equi* ist weltweit im Erdreich nachzuweisen, nicht betroffen ist allein die Antarktis (Knottenbelt 1993, Makrai et al. 2002, Muscatello et al. 2006). Das Überleben des Erregers in der Umwelt ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Trockenheit und

hohe Temperaturen beeinflussen das Wachstum positiv. Kälte und gängige Desinfektionsmittel machen den Erreger unschädlich. Gegen Alkohole ist der Erreger allerdings nicht sensibel. Des Weiteren vermehren sich Rhodokokken im Darmlumen von erwachsenen Pferden und in der Lunge von Fohlen (Takai et al. 1987, Prescott und Hoffman 1993). Der Nachweis von *R. equi* lässt sich nicht nur bei Pferden führen, sondern auch bei anderen Tierarten wie Rindern, Hunden, Katzen und Geflügel (Barton und Hughes 1984).

R. equi verursacht bei Fohlen unterschiedliche Krankheitsformen. Am häufigsten kommen Erkrankungen im Respirationstrakt, insbesondere in Form einer abszedierenden Bronchopneumonie vor. Nur seltener treten extrapulmonale Erkrankungsbilder u.a. Enteritis, Polysynovitis, Osteomyelitis und Abszesse in allen Körperregionen auf (Prescott und Hoffman 1993, Ainsworth 1999). Die Morbidität durch *R. equi* liegt zwischen 5% und 60%, bei einer Letalität von 40% bis 80% und einer Mortalität von 5% bis 17% (Elissalde et al. 1980, Higuchi et al. 1997). Betroffen sind Fohlen bis zum siebten Lebensmonat, wobei sich Todesfälle im Alter von vier bis 12

Wochen häufen (*Beech und Sweeney 1991*). Im Gegensatz dazu, erkranken adulte Tiere meist nicht, können den Erreger aber ausscheiden. Beim Menschen tritt die *R. equi*-Pneumonie ausschließlich bei immunschwachen Patienten, wie z.B. Neonaten oder HIV-infizierten Menschen auf (*Takai et al. 1994b, Kedlaya et al. 2001*). Die Inhalation von *R. equi* haltigem Staub und die orale Aufnahme von kontaminiertem Kot sind die Hauptinfektionswege beim Fohlen. Weiterhin sind omphalogene und intrauterine Infektionswege beschrieben worden (*Prescott et al. 1985, Beech und Sweeney 1991, Muscatello et al. 2006*).

Die *R. equi*-Pneumonie beim Fohlen

Pathomorphologisches Erscheinungsbild

Die durch *R. equi* hervorgerufene Pneumonie ist charakterisiert durch eine uni- oder meist bilaterale, abszedierende Bronchopneumonie (*Martens et al. 1982, Ainsworth 1999, Weimar 2006*). Die seltenere akute Verlaufsform stellt sich mit miliaren (hirsekornartigen), dünnwandigen Abszessen im Parenchym der Lunge dar (*Barton und Hughes 1980, Martens et al. 1982*). Bei der chronischen Verlaufsform treten vor allem im cranioventralen Bereich der Lunge Abszesse auf, die bis mehrere Zentimeter im Durchmesser erreichen können.

Die Abszesse zeigen pathologisch einen purulenten, gelbschmierigen bis bröckelig-käsigen Inhalt (*Magnusson 1923, Ellenberger und Genetzky 1986, Weimar 2006*). Die Lungenveränderungen im Bereich der Abszesse variieren im Anschnitt von speckig und derb bis rahmig und zähflüssig. Die Abszedierung kann auf die bronchialen und mediastinalen Lymphknoten übergreifen. In perakuten Verlaufsformen kann sich die gesamte Lunge als schweres, dunkel verfärbtes und nicht kollabiertes Organ darstellen (*Smith und Robinson 1981*). Histologisch wird eine granulomatöse Entzündung beobachtet. In den nekrotischen Bereichen sind randständig massenhaft Makrophagen und neutrophile Granulozyten mit teilweise phagozytierte Rhodokokken zu erkennen (*Hillidge 1986, Prescott 1991*). Begleitend werden auch alveoläre und alveolär-interstitielle Ödeme beobachtet (*Weimar 2006*).

Symptome einer *R. equi*-Pneumonie beim Fohlen

Die Symptome einer *R. equi*-Pneumonie des Fohlens sind nicht pathognomonisch, sondern gleichen den Befunden von Lungenerkrankungen, die von anderen Erregern hervorgerufen werden (*Lavoie et al. 1994, Ainsworth 1999*). Bei der *R. equi* Erkrankung des Fohlens wird zwischen perakuten, akuten und chronischen Verlaufsformen unterschieden. Bei der perakuten Verlaufsform sind die klinischen Anzeichen plötzliche Atemnot und hohes Fieber, bei zuvor unauffälligen Tieren. In diesen Fällen folgt meistens ein schneller Tod. Bei der klinisch akuten Verlaufsform kann hohes Fieber (bis 41,5°C), Lethargie, Tachypnoe, Husten, abdominal verstärkte Atmung, Inappetenz und ein- oder beidseitiger muköser bis purulenter Nasenausfluss beobachtet werden. Bei der Lungenuntersuchung wird auskultatorisch ein verschärftes Atemgeräusch, Rasseln oder Giemen der Lunge und Trachea festgestellt. Allerdings korrelieren diese Befunde nicht mit dem Schweregrad der Erkrankung. Der chronische Verlauf der *R. equi*-Pneumonie stellt sich

mit deutlich abgeschwächten Symptomen in Begleitung von typischen Anzeichen von chronischen Erkrankungen wie Abmagerung, struppiges Haarkleid, Husten und purulenter Nasenausfluss dar (*Falcon et al. 1985*).

Diagnose der *R. equi*-Pneumonie

Die Diagnose der *R. equi*-Pneumonie wird anhand der genauen Anamnese, der klinischen Befunde (siehe oben) und weiterführender Untersuchungen wie Blutparameter, mikrobiologischem Nachweis und bildgebenden Verfahren gestellt. Eine Blutleukozytenzahl von über 13.000 Zellen/ μ l Blut gibt mit einer Sensitivität von 95%, aber eine Spezifität von 61% einen Hinweis auf eine Rhodokokkose an (*Giguère et al. 2003*).

Der kulturelle Nachweis von *R. equi* erfolgt üblicherweise aus Proben der Atemwege, meistens Tracheobronchialsekret oder Tracheaspülprobe. Die Gewinnung von Tracheobronchialsekret kann über eine endoskopische Entnahme erfolgen, indem mit einem sterilen Katheter durch den Arbeitskanal des Endoskops Sekret im distalen Bereich der Trachea abgesaugt wird. Zur transtrachealen Sekretentnahme wird unter Sedierung und chirurgischen Bedingungen ein Katheter zwischen zwei Trachealringe etwa 30 cm nach distal geführt. Dabei liegt die Sensitivität des mikrobiologischen Nachweises von *R. equi* im Tracheobronchialsekret bei Fohlen mit *R. equi*-bedingten Lungenabszessen nur zwischen 50 und 60% (*Weimar 2006*). Nasentupfer haben sich zum kulturellen Nachweis von *R. equi* als nicht geeignet erwiesen, da der Nachweis des Erregers im Nasentupfer im Vergleich zum Tracheobronchialsekret wesentlich seltener ist (*Venner et al. 2007a*).

Der Nachweis von *R. equi* aus der Atemluft von Fohlen gelang auf endemischen Betrieben (*Muscatello et al. 2006*). Diese Ergebnisse konnten allerdings bisher nicht reproduziert werden (*Kilian 2008, im Druck*). Weiterhin hat sich *R. equi*-Nachweis aus dem Kot von Fohlen mit Lungenabszessen als diagnostisch sinnvoll erwiesen. Für die kulturelle Untersuchung aus dem Kot wird empfohlen, einen sterilen Tupfer in das Rektum des Fohlens einzuführen. Bei einer Untersuchung an 68 Fohlen mit und ohne Lungenerkrankungen auf einem endemischen Gestüt waren die Ergebnisse des Nachweises von *R. equi* in 93% (63 von 68 Fohlen) am Tag der Diagnosestellung im Kot und Tracheobronchialsekret über den Nachweis des Erregers übereinstimmend (*Lämmer 2008, im Druck*).

Der kulturelle Nachweis von *R. equi* wurde erst durch den Einsatz von Selektivmedien deutlich verbessert (*Barton und Hughes 1981, Takai et al. 1994a und 1996*). Eine Unterscheidung zwischen virulenten und avirulenten *R. equi*-Stämmen lässt sich allerdings erst mit einer spezifischen PCR durchführen (*Muscatello und Browning 2004, Venner et al. 2007a*). Nachteil des kulturellen Nachweises ist der hohe Zeitaufwand und die damit verbundene Zeitverzögerung für die Bestätigung der Diagnose. Dagegen ist die Beobachtung von grampositiven Bakterien im Ausstrich von Tracheobronchialsekret ein schnelles diagnostisches Verfahren. Allerdings wird hier nur der Verdacht einer *R. equi*-Infektion gestellt, denn die Identifikation von intrazellulären *R. equi* über eine immunzytologische Untersuchung steht noch aus (*Neudert 2007*). Aufgrund der geringen Sensitivität des kulturellen Nachweises

von *R. equi* in Atemwegsproben von Patienten wird die klinische Verdachtsdiagnose einer *R. equi*-Pneumonie nicht in allen Fällen bestätigt. Dies liegt vermutlich daran, dass der Erreger im Wirt intrazellulär verbleibt und nur periodisch ausgeschieden wird (Martens 1982). Um eine möglichst sichere Diagnose zu stellen sollten daher zusätzliche Untersuchungsmethoden eingesetzt werden. Als bildgebenden Verfahren stehen die radiologische und die sonographische Untersuchung des Thorax zur Verfügung. Beide Methoden eignen sich gut zur Frühdiagnostik von abszedierenden Bronchopneumonien (Falcon et al. 1985, Althaus 2004).

Der Einsatz von Szintigraphie und Computertomographie wurde ebenfalls bei Fohlen mit Lungenabszessen beschreiben. Diese Techniken sind aber entsprechend ausgerüsteten Spezialkliniken vorbehalten. Beide Methoden sind wesentlich invasiver und mit höheren Kosten verbunden und sollen an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Die röntgenologische Untersuchung der Lunge erfolgt beim Pferd im Stehen mit latero-lateralem Strahlengang. Dabei werden die beiden Lungenhälften übereinander projiziert, so dass eine Zuordnung der Befunde zu einer bestimmten Seite nicht gewährleistet ist. Röntgenaufnahmen des Thorax bei Fohlen können aufgrund der geringen Größe und des geringen Gewichtes der Fohlen unter den Bedingungen und mit den vorhandenen technischen Geräten der ambulanten Fahrpraxis durchgeführt werden (Martens und Ruoff 1982, Walther 2006).

Die Veränderungen, die durch eine abszedierende Bronchopneumonie hervorgerufen werden, stellen sich röntgenologisch als lokalisierte und scharf umschriebene (siehe Abb. 1) oder miliär und unscharf begrenzte Verdichtungen dar. Ein Abszess kann auch als herdförmige Verdichtung sichtbar sein, die in einzelnen Fällen eine röntgendurchlässige Region, eine so genannte Kaverne, aufweisen kann (Owens 1989). Die Befundinterpretation der röntgenologischen Untersuchung kann sich aber auch als problematisch erweisen. Vor allem in frühen Stadien einer Lungenerkrankung von Fohlen ergeben sich große Unterschiede in der Bewertung der Röntgenaufnahmen zwischen einzelnen Betrachtern (Walther 2006). Ein Vorteil der Röntgenuntersuchung des Thorax im Vergleich zur Sonographie ist, dass auch tiefe Strukturen der Lunge und

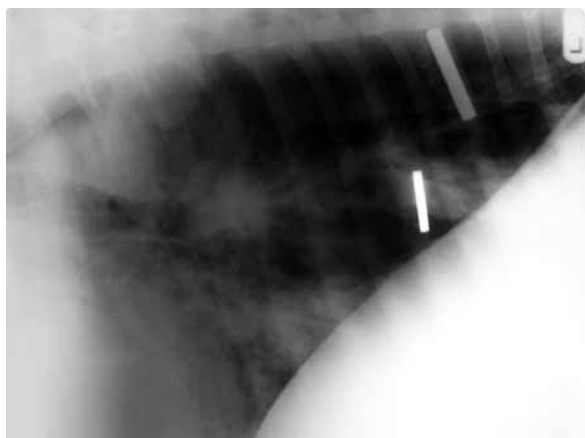


Abb 1 Röntgenaufnahme eines 3-monate alten Fohlens mit vier Abszessen. Das Röntgenbild am stehenden Fohlen latero-lateraler Strahlengang. (Die Marker kennzeichnen die linke 10. und die rechte 11. Rippe.)

X-ray of a 3 month old standing filly with four abscesses.

möglicherweise abszedierte Lymphknoten dargestellt werden können.

Die Lunge des Pferdes lässt sich bei der sonographischen Untersuchung auf beiden Seiten des Thorax unterhalb des M. latissimus dorsi bis zum Zwerchfell vom dritten bis zum 16./17. Interkostalraum darstellen. Dabei können sowohl Linear- als auch Sektorsonden mit Frequenzen von 5 bis 7,5 MHz und einer Eindringtiefe von 4 bis 12 cm verwendet werden (Rantanen 1981, Reef 1998). Lungenabszesse stellen sich im Ultraschallbild als anechogene schallleitende Bereiche dar, die von der Pleura ausgehend in das Lungengewebe hineinragen (Abb. 2). Dabei ist häufig eine Abszesskapsel als hyperechogene Grenzlinie zum benachbarten normal belüfteten Lungengewebe zu erkennen. Lungenabszesse sind beim Fohlen häufig im kranioventralen Bereich, aber auch in anderen Regionen der Lunge feststellbar und lassen sich, ausschließlich wenn sie Kontakt zur Pleura haben, sonographisch gut darstellen (Reimer 1990, Reef 1991, Althaus 2004).

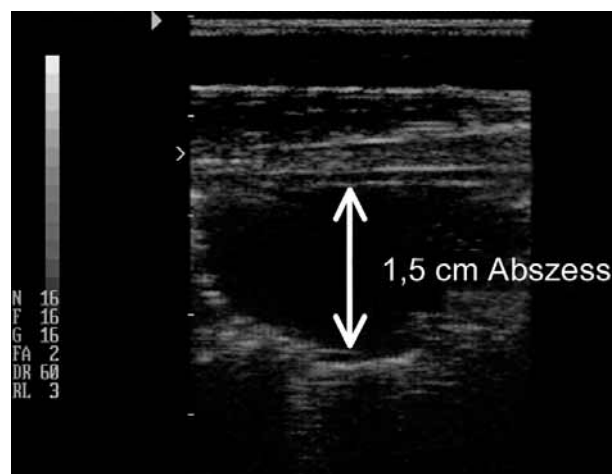


Abb 2 Ultraschallbild eines 1,5 cm tiefen Lungenabszesses
Sonographic view of a 1.5 cm deep pulmonary abscess

Die Ultraschalluntersuchung der Lunge ist ein nur wenig invasives, schnelles und sicheres Verfahren um abszedierende Pneumonien zu diagnostizieren. Im Vergleich zur Radiographie entfällt die Strahlenbelastung. Die Problematik bei der Befundinterpretation ist für die sonographische Untersuchung bisher in der Literatur noch nicht beschrieben. Es können jedoch keine tief in der Lunge befindlichen Abszesse sowie abszedierte Lymphknoten dargestellt werden. Vorteil beider bildgebender Verfahren ist, dass die Ergebnisse sofort verfügbar sind, die Prognose eingeschätzt und eine Therapie zügig eingeleitet werden kann. Darüber hinaus ist der Therapieverlauf mittels bildgebender Diagnostik gut zu beurteilen. Dabei sollten beide Verfahren ergänzend eingesetzt werden (Walther 2006).

*Therapie der *R. equi*-Pneumonie*

Die Prognose der *Rhodococcus equi*-Pneumonie ist in den letzten Jahren dadurch erheblich verbessert worden, dass in der Fohlenaufzucht nicht nur eine möglichst frühe Diagnose gestellt wird sondern auch die adäquate Behandlung verschrieben wird. Dazu wird bei der antimikrobiellen Therapie der *R. equi*-Pneumonie die intrazelluläre Überlebensstrategie der Rhodokokken berücksichtigt. Insbesondere müssen ver-

wendete Wirkstoffe ausreichend hohe intrazelluläre Wirkspiegel erreichen und in granulomatöses Entzündungsgewebe eindringen können (Prescott und Sweeney 1985, Hillidge 1986, Ainsworth 1999). Deshalb haben sich lipophile Antiinfektiva wie z.B. Rifampicin und Makrolid-Antibiotika bewährt (Hillidge 1986, Piltz 2004). Um eine Resistenzentwicklung zu vermeiden, empfiehlt sich eine Kombination aus diesen beiden Wirkstoffgruppen (Ainsworth 1999, Giguère et al. 2004). Die Kombination von Erythromycin und Rifampicin gegen die R. equi-Pneumonie war lange Zeit das Mittel der Wahl. Aufgrund der zum Teil lebensbedrohlichen unerwünschten Nebenwirkungen des Erythromycins (Colitis bei Stuten und Fohlen), werden heute andere Makrolide eingesetzt (Vivrette 1992, Giguère und Prescott 1997, Ainsworth 1999, Lakritz und Wilson 2002). Dabei hat sich der Wirkstoff Azithromycin in Kombination mit Rifampicin zur Behandlung der R. equi-Pneumonie beim Fohlen bewährt. Es wird einmal täglich oral in einer Dosis von 10 mg/kg pro KGW verabreicht (Davis et al. 2002, Lakritz und Wilson 2002, Piltz 2004). Weiterhin steht auch das Clarithromycin zur Verfügung. Clarithromycin wird zweimal täglich in einer Dosis von 7,5 mg/kg pro KGW oral verabreicht. Der Wirkstoff gilt in Nord-Amerika als weniger gut verträglich aber wirksamer als das Azithromycin (Giguère et al. 2004). Seit einigen Jahren steht zusätzlich für die Therapie der Rhodokokkose ein bei Rind und Schwein, zugelassenes Wirkstoff aus der Gruppe der Makrolide zur Verfügung: das Tulathromycin. Das entsprechende Medikament Draxxin® ist ein Injektionspräparat und bietet eine wirksame, kostengünstige Alternative zu den anderen Oralpräparaten und muss nur einmal wöchentlich intramuskulär in der Dosis von 2,5 mg/kg pro KGW appliziert werden (Venner et al. 2007b). Zusätzlich können bei Fohlen mit starker Dyskrie Bronchospasmolytika und Sekretolytika oder Mukolytika verabreicht werden (Hillidge 1987, Prescott et al. 1983).

Prophylaxe der Rhodokokkose

Aufgrund der Erregereigenschaften kommt die Rhodokokkose vor allem auf großen Gestüten mit hohen Tierzahlen vor. Dabei begünstigen hohe Temperaturen, staubiger Boden und Überbelegung eine hohe Erregerkonzentration in der Umgebung der Fohlen. Direkte prophylaktische Maßnahmen wie die Gabe von Hyperimmunserum, Paramunitätsinducern oder Impfungen der Fohlen oder der Stuten, zeigen in zahlreichen Studien eine fragliche Wirksamkeit, so dass derzeit keine medizinische Maßnahme empfohlen werden kann (Hurley und Begg 1995, Becú et al. 1997, Schulte 2005, Baumann 2006, Hullmann 2006). Weiterhin hat die Gabe von Makrolid-Antibiotika vom Tag der Geburt über mehrere Wochen zur Vorbeugung der Rhodokokkose lediglich während der Metaphylaxe und einige Wochen später bewährt aber die Erkrankungsrate keineswegs reduziert, so dass diese Maßnahme auf einem endemisch betroffenen Gestüt nicht empfohlen werden kann (Venner et al. 2007c). Folglich bleiben nur Maßnahmen wie eine optimale kolostrale Versorgung innerhalb der ersten Lebensstunden, die Entfernung des Kotes von den Flächen auf denen Mutterstuten und Fohlen gehalten werden, um die Ansteckung durch Koprophagie zu vermindern und insgesamt die Keimbelastung zu reduzieren. Paddocks und Flächen auf denen die Stuten mit Fohlen gehalten werden, sollten möglichst staubarm sein, um eine Ansteckung der Fohlen über die aerosolisierten Bakterien zu vermindern. Die Belegung von

Laufställen sollte so niedrig wie möglich gehalten werden, um das Zerstören der Grasnarbe zu verhindern und die Kotkontamination möglichst gering zu halten. Ein konsequentes Entwurmungs- und Impfschema für den gesamten Bestand, um weitere Beanspruchungen des Immunsystems zu minimieren Betroffene Fohlen und Begleitstuten sollten isoliert und unter Quarantäne gestellt werden.

Schlussfolgerung

Die Rhodokokkose tritt sporadisch oder endemisch auf Gestüten auf und kann zu hohen Verlusten in der Fohlenpopulation führen. Bisher gibt es noch keine ausreichend gute und sichere Maßnahmen zur Vorbeugung dieser Erkrankung. Um die Totalverluste auf einem endemisch betroffenen Betrieb möglichst gering zu halten, ist eine tägliche Beobachtung aller Fohlen nötig. Dabei sollte der Besitzer oder Tierhalter auf erste Symptome einer Atemwegserkrankung, wie Nasenausfluss, Husten oder Schwerkraftigkeit bei der Bewegung, achten. Bei jedem auffälligen Fohlen sollte sowohl eine Allgemeinuntersuchung, eine Bestimmung der Leukozytenzahl, und im Verdachtsfall eine sonographische oder eine radiologische Untersuchung des Thorax vorgenommen werden. Ziel ist es die adäquate Therapie in einem möglichst frühen Stadium der Erkrankung einzuleiten, um eine vollständige Genesung zu erzielen. Eine spätere Nutzung der erkrankten und therapierten Fohlen im Sport ist möglich, da eine bleibende Schädigung des Lungengewebes bei vormals betroffenen Pferden bisher mehrfach ausgeschlossen werden konnte (Christley und Hodgson 1994, Ainsworth et al. 1998).

Literatur

- Ainsworth D. M., Eicker S. W., Yeager A. E. und Sweeney C. R. (1998): Association between physical examination, laboratory, and radiographic findings and outcome and subsequent racing performance of foals with *Rhodococcus equi* infection: 115 cases (1984-1992). J. Am. Vet. Med. Assoc. 213, 510-515
- Ainsworth D. M. (1999) Tutorial Article: Rhodococcal infections in foals. Equine vet. Educ. 11, 191-198
- Althaus O. P. (2004) Sonographie: Eine Hilfe zur Früherkennung von *Rhodococcus equi*-Pneumonie beim Fohlen. Vet. Med. Diss. Hannover
- Barton M. D. und Hughes K. L. (1981): Comparison of three techniques for isolation of *Rhodococcus* (*Corynebacterium*) *equi* from contaminated sources. J. Clin. Microbiol. 13, 219-221
- Barton M. D. und Hughes K. L. (1984) Ecology of *Rhodococcus equi*. Vet. Microbiol. 9, 65-76
- Baumann I. D. (2006): Untersuchung der Wirksamkeit des Paramunitätsinducers Zylexis® zur Prophylaxe von Lungenabszessen beim Fohlen. Vet. Med. Diss. Hannover
- Becú T., Polledo G. und Gaskin J. M. (1997): Immunoprophylaxis of *Rhodococcus equi* pneumonia in foals. Vet. Microbiol. 56, 193-204
- Beech J. und Sweeney C. R. (1991) Infections caused by bacteria, mycoplasmas, parasites and fungi. In: Beech, J. (Hrsg.): Equine respiratory disorders. Verlag Lea and Febiger, 181-207
- Chapman P. S., Green C. und Main J. P. (2000) Retrospective study of the relationships between age, inflammation and the isolation of bacteria from the lower respiratory tract of thoroughbred horses. Vet. Rec. 146, 91-95
- Christley R. M. und Hodgson D. R. (1994) *Rhodococcus equi* pneumonia in foals and the effect on subsequent race performance. Austral. Equine Vet. 12, 76-79

- Elissalde G. S., Renshaw H. W. und Walberg J. A. (1980) *Corynebacterium equi*: An interhost review with emphasis on the foal. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 3, 433–445
- Ellenberger M. A. und Genetzky R. M. (1986) *Rhodococcus equi* infections: Literature review. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 8, 414–423
- Falcon J., Smith B. P., O'Brien T. R., Carlson G. P. und Biberstein E. (1985) Clinical and radiological findings in *Corynebacterium equi* pneumonia of foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 186, 593–599
- Giguère S. und Prescott J. F. (1997) Clinical manifestations, diagnosis, treatment and prevention of *Rhodococcus equi* infections in foals. *Vet. Microbiol.* 56, 313–334
- Giguère S., Jacks S., Roberts G. D. und Hernandez J. (2004) Retrospective comparison of azithromycin, clarithromycin and erythromycin for the treatment of foals with *Rhodococcus equi* pneumonia. *J. Vet. Intern. Med.* 18, 568–573
- Higuchi T., Hashikura S. und Gojo C. (1997) Clinical evaluation of the serodiagnostic value of enzyme-linked immunosorbent assay for *Rhodococcus equi* infection in foals. *Equine Vet. J.* 29, 274–278
- Hillidge C. J. (1987) Use of erythromycin-rifampicin combination in treatment of *Rhodococcus equi* pneumonia. *Vet. Microbiol.* 14, 337–342
- Hullmann A. G. (2006) Prophylaxe der *Rhodococcus equi*-Pneumonie bei Fohlen durch Vakzination mit *Rhodococcus equi*-Impfstoff und Adjuvans CpG XXX. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Hurley J. R. und Begg A. P. (1995) Failure of hyperimmune plasmanto prevent pneumonia caused by *Rhodococcus equi* in foals. *Aust. Vet. J.* 72, 418–420
- Kedlaya I., Ing. M.B. und Wong S.S. (2001) *Rhodococcus equi* infections in immunocompetent hosts: Report and review. *Clin. Infect. Dis.* 32, 39–46
- Kilian K. (2008) Nachweis von *Rhodococcus equi* in der Atemluft, im Tracheobronchialsekret und im Kot bei Fohlen. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Knottenbelt D. C. (1993) *Rhodococcus equi* infection in foals: A report of an outbreak on a thoroughbred stud in Zimbabwe. *Vet. Rec.* 132, 79–85
- Lämmer M. (2008) Ausscheidung von *Rhodococcus equi* in Kot und Atemwegen bei Fohlen: Vergleichende Untersuchung zwischen gesunden Fohlen und Fohlen mit Lungenabszessen. *Vet. Med. Diss. Hannover, im Druck*
- Lakritz J. und Wilson W. D. (2002) Erythromycin and other macrolid antibiotics for treating *Rhodococcus equi* pneumonia in foals. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 24, 256–26
- Lavoie J.-P., Fiset L. und Laverty S. (1994) Review of 40 cases of lung abscesses in foals and adult horses. *Equine Vet. J.* 26, 348–352
- Lester G. D. und Lester N. V. (2001) Abdominal and thoracic radiography in the neonate. *Vet. Clin. Equine Practice* 17, 19–46
- Magnusson H. (1923) Spezifische infektiöse Pneumonie beim Fohlen. Ein neuer Eitererreger beim Pferde. *Arch. Wiss. Prakt. Tierheilk.* 50, 22–38
- Makrai L., Takai S. und Tamura M.. (2002) Characterization of virulence plasmid types in *Rhodococcus equi* isolates from foals, pigs, humans and soil in Hungary. *Vet. Microbiol.* 88, 377–384
- Martens R. J. und Ruoff W. W. (1982) Foal pneumonia: a practical approach to diagnose and therapy. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.* 4, 361–373
- Martens R. J., Fiske R. A. und Renshaw H. W. (1982) Experimental subacute foal pneumonia induced by aerosol administration of *Corynebacterium equi*. *Equine Vet. J.* 14, 111–116
- Muscatello G. und Browning G. F. (2004) Identification and differentiation of avirulent and virulent *Rhodococcus equi* using selective media and colony blotting DNA hybridization to determine their concentrations in the environment. *Vet. Microbiol.* 100, 121–127
- Muscatello G., Gerbaud S. und Kennedy C.. (2006) Comparison of concentrations of *Rhodococcus equi* and virulent R. equi in air of stables and paddocks on horse breeding farms in a temperate climate. *Equine Vet. J.* 38, 263–265
- Neudert N. (2007) Vergleich des Nachweises von *Rhodococcus equi* durch mikrobiologische Kultur, Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und Zytologie in endoskopisch entnommem Tracheobronchialsekret bei Fohlen. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Piltz K. (2004) Vergleichende Behandlung von *Rhodococcus equi*-Pneumonien bei Fohlen mit Azithromycin und Rifampicin in Kombination mit Erythromycin bzw. Trimethoprim/Sulfadiazin. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Prescott J. F., Hoover D. J. und Dohoo I. R. (1983) Pharmacokinetics of erythromycin in foals and adult horses. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 6, 67–74
- Prescott J. F. und Sweeney C. R. (1985) Treatment of *Corynebacterium equi* pneumonia of foals: A review. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 187, 725–728
- Prescott J. F. (1991) *Rhodococcus equi*: An animal and human pathogen. *Clin. Microbiol. Rev.* 4, 20–34
- Prescott J. F. und Hoffman A. M. (1993) *Rhodococcus equi*. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.* 9, 375–384
- Ramirez S., Lester G. D. und Roberts G. R. (2004) Diagnostic contribution of the thoracic ultrasonography in 17 foals with *Rhodococcus equi* pneumonia. *Vet. Radiol. Ultrasound* 45, 2–5
- Rantanen N. W. (1981) Ultrasound appearance of normal lung borders and adjacent viscera in the horse. *Vet. Radiol.* 22, 217–219
- Reef V. B. (1998) *Equine diagnostic ultrasound*. W. B. Saunders Company, Philadelphia
- Reimer J. M. (1990) Diagnostic ultrasonography of the equine thorax. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 12, 1321–1327
- Schulte S. (2005) Wirksamkeit von Hyperimmunserum zur Prophylaxe der *Rhodococcus equi*-Pneumonie. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Smith B. P. und Robinson R. C. (1981) Studies of an outbreak of *Corynebacterium equi* pneumonia in foals. *Equine Vet. J.* 13, 223–228
- Takai S., Fujimori T. und Katsuzaki K. (1987) Ecology of *Rhodococcus equi* in horses and their environment on horse-breeding farms. *Vet. Microbiol.* 14, 233–239
- Takai S., Ohbushi S. und Koike K. (1991) Prevalence of virulent *Rhodococcus equi* in isolates from soil and feces of horses from horse-breeding farms with and without endemic infections. *J. Clin. Microbiol.* 29, 2887–2889
- Takai S., Sugawara T. und Watanabe Y. (1994a) Effect of growth temperature on maintenance of virulent *Rhodococcus equi*. *Vet. Microbiol.* 39, 187–192
- Takai S., Sasaki Y. und Ikeda T. (1994b) Virulence of *Rhodococcus equi* isolates from patients with and without AIDS. *J. Clin. Microbiol.* 32, 457–460
- Takai S., Fukunaga N. und Kamisawa K. (1996) Expression of virulence-associated antigens of *Rhodococcus equi* is regulated by temperature and pH. *Microbiol. Immunol.* 40, 591–594
- Timoney J. F. (2004) The pathogenic equine streptococci. *Vet. Res.* 35, 397–409
- Venner M., Heyers P., Strutzberg-Minder K., Verspohl J. und Klug E. (2007a) Nachweis von *Rhodococcus equi* durch mikrobiologische Kultur und mittels Polymerasekettenreaktion (PCR) im Tracheobronchialsekret von Fohlen. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 120, 126–133
- Venner M., Kerth R. und Klug E. (2007b) Evaluation of tulathromycin in the treatment of pulmonary abscesses in foals. *Vet. J.* 174, 418–421
- Venner M., Reinhold B., Beyerbach M. und Klug E. (2007c) Efficacy of Azithromycin in preventing pulmonary abscesses in foals. *Vet. J.* 174, in Druck
- Vivrette S. (1992) The diagnosis, treatment and prevention of *Rhodococcus equi* pneumonia in foals. *Vet. Med.* 2, 144–150
- Walther S. M. (2006) Diagnostik von Lungenabszessen beim Fohlen: Vergleich von sonographischen und röntgenologischen Befunden. *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Weimar B.-M. (2006) Lungenabszesse bei Fohlen: Klinische, sonographische, endoskopische, pathomorphologische und mikrobiologische Befunde. *Vet. Med. Diss. Hannover*

Dr. Monica Venner, PhD, Dipl. ECEIM
Tierärztliche Klinik Kaufunger Wald
Pfingstweide 2
34260 Kaufungen
mvenner@gmx.de