

Aus der Klinik für Pferde
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

**Diagnostik von Lungenabszessen beim Fohlen:
Vergleich von sonographischen und röntgenologischen Befunden**

INAUGURAL-DISSERTATION

Zur Erlangung des Grades eines

Doktorin der Veterinärmedizin

(Dr. med. vet.)

durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von
Saskia Meike Walther
aus Stade

Hannover 2006

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.-Prof. Dr. P. Stadler

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. P. Stadler

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. K. H. Waldmann

Tag der mündlichen Prüfung: 22.11.2006

**Meinen Eltern und Großeltern
in Liebe und Dankbarkeit**

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 1 |
| 2 | LITERATURÜBERSICHT | 2 |
| 2.1 | Ätiologie von Lungenabszessen: | 2 |
| 2.1.1 | Die <i>Rhodococcus-equi</i> -Pneumonie beim Fohlen | 3 |
| 2.1.2 | Die Infektion des Fohlens mit <i>Streptococcus equi</i> subsp. <i>zooepidemicus</i> | 11 |
| 2.2 | Physikalische Grundlagen der Radiologie | 16 |
| 2.2.1 | Röntgendiagnostik am Thorax beim Fohlen | 18 |
| 2.2.2 | Physiologische Befunde bei Thoraxaufnahmen | 19 |
| 2.2.3 | Pathologische Befunde | 22 |
| 2.2.4 | Röntgenologische Befunde bei abszedierender Pneumonie | 23 |
| 2.3 | Physikalische Grundlagen der Sonographie | 24 |
| 2.3.1 | Sonographie der Lunge | 25 |
| 2.3.2 | Physiologische Befunde | 26 |
| 2.3.3 | Pathologische Befunde | 27 |
| 2.3.4 | Sonographische Befunde bei abszedierender Pneumonie | 28 |
| 3 | MATERIAL UND METHODE | 31 |
| 3.1 | Probanden | 31 |
| 3.1.1 | Allgemeine Haltungs- und Aufzuchtbedingungen | 31 |
| 3.1.2 | Gruppeneinteilung der Probanden | 31 |
| 3.2 | Untersuchung der Probanden | 32 |
| 3.2.1 | Allgemeinuntersuchung und spezielle Untersuchung des Respirationstraktes | 33 |
| 3.2.2 | Sonographische Untersuchung | 34 |
| 3.2.3 | Befunderhebung der sonographischen Untersuchung | 35 |
| 3.2.4 | Röntgenologische Untersuchung | 37 |
| 3.2.5 | Befunderhebung der Röntgenaufnahmen | 38 |
| 3.3 | Statistische Auswertung | 40 |
| 4 | ERGEBNISSE | 42 |
| 4.1 | Allgemeine Angaben | 42 |
| 4.2 | Befunde der klinischen Untersuchung am Tag der Diagnose | 43 |
| 4.3 | Ergebnisse der endoskopischen Untersuchung | 44 |
| 4.4 | Befunde der sonographischen Untersuchung | 44 |
| 4.4.1 | Anzahl der Kometenschweifechos | 44 |
| 4.4.2 | Anzahl der pneumonischen Veränderungen | 44 |
| 4.4.3 | Abszessdiagnostik | 45 |
| 4.5 | Befunde der röntgenologischen Untersuchung | 47 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.5.1 | Korrelation zwischen dem Körpergewicht der Fohlen und der Röhrenspannung | 47 |
| 4.5.2 | Beurteilung der Bildqualität | 47 |
| 4.5.3 | Weitere Röntgen-Diagnosen | 48 |
| 4.5.4 | Diagnostik durch Betrachter 1 | 49 |
| 4.5.5 | Diagnostik durch Betrachter 2 | 50 |
| 4.5.6 | Diagnostik durch Betrachter 3 | 51 |
| 4.5.7 | Lokalisationen der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse der drei Betrachter | 52 |
| 4.5.8 | Übereinstimmung der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse unter den Betrachtern | 53 |
| 4.5.9 | Übereinstimmung der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse nach rechter und linker Thoraxaufnahme getrennt | 54 |
| 4.5.10 | Ergebnis der übereinstimmend diagnostizierten Lungenabszesse bei 20 Fohlen | 56 |
| 4.6 | Übereinstimmung der radiologischen und sonographischen Befunde | 57 |
| 5 | DISKUSSION | 60 |
| 5.1 | Probandengut | 60 |
| 5.2 | Auswahl der Untersuchungsmethoden | 60 |
| 5.3 | Ergebnisse | 66 |
| 5.4 | Schlussfolgerung | 68 |
| 6 | ZUSAMMENFASSUNG | 69 |
| 7 | SUMMARY | 71 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS | 73 |
| 9 | ANHANG | 95 |
| 9.1 | Beurteilungsbogen Röntgenbild | 95 |
| 9.2 | Befundbogen Ultraschall | 98 |
| 9.3 | Allgemeine Daten der Probanden | 99 |
| 9.4 | Anzahl der diagnostizierten Lungenabszesse nach rechter und linker Thoraxaufnahme getrennt und die Übereinstimmungen zwischen den beiden Seiten | 101 |
| 9.5 | Abbildungsverzeichnis | 102 |
| 9.6 | Tabellenverzeichnis | 103 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|--|
| Abb. | Abbildung |
| cm | Zentimeter |
| d | Tage |
| kg | Kilogramm |
| kV | Kilovolt |
| m | Meter |
| mAs | Milliamperesekunden |
| mm | Millimeter |
| MW | Mittelwert |
| o.b.B. | ohne besonderen Befund |
| p | Signifikanzniveau |
| R | Spearman'scher Korrelationskoeffizient |
| SD | Standardabweichung |
| Tab. | Tabelle |
| Lnn. | Lymphonodi |

1 Einleitung

Die abszedierende Pneumonie stellt bei Fohlen im Alter zwischen zwei und sechs Monaten eine schwere Erkrankung dar, die mit hoher Morbidität und Mortalität einhergeht. Diese Form der Pneumonie kann durch eine Infektion mit *Rhodococcus equi* oder *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* ausgelöst werden. Die hohen Behandlungs- und Präventionskosten sowie die hohen Verlustraten, die bei einem endemischen Vorkommen der Erkrankung auftreten können, gehen für die betroffenen Gestüte oft mit bedeutsamen ökonomischen Schäden einher.

Eine frühe Diagnosestellung ist anhand der klinischen Symptome oft nicht möglich, da die Fohlen den Funktionsverlust der Lunge zunächst bis zu einem gewissen Grad kompensieren können (GIGUÈRE, 2001). Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene diagnostische Mittel entwickelt, um eine Früherkennung zu ermöglichen. Weder die mikrobiologische Untersuchung des Tracheobronchialsekretes noch die serologische Untersuchung des Blutes (MARTENS et al., 2002) stellen ein ausreichend sicheres Diagnostikum dar. Infolge dessen werden bildgebende Verfahren, wie die röntgenologische und sonographische Untersuchung des Thorax, angewendet. Diese Methoden sollen sich für die Diagnostik von abszedierenden Pneumonien auch im Rahmen der Frühdiagnostik eignen (FALCON et al., 1985; ALTHAUS, 2004). RAMIREZ et al (2004) untersuchten den diagnostischen Wert der sonographischen und röntgenologischen Untersuchung an 17 Fohlen, die nachweislich an einer Rhodokokkose litten. Die Autoren empfehlen die röntgenologische Untersuchung als das bessere diagnostische Verfahren, wobei die sonographische Diagnostik eine Alternative darstelle, wenn die röntgenologische Untersuchung nicht durchgeführt werden kann.

In der vorliegenden Studie soll der diagnostische Wert der beiden Untersuchungsmethoden untersucht werden, insbesondere unter Berücksichtigung der Frage, ob mit den in der Praxis verfügbaren Geräten eine abszedierende Pneumonie zuverlässig und frühzeitig erkannt werden kann.

2 Literaturübersicht

2.1 Ätiologie von Lungenabszessen:

Infektionen der Atemwege sind neben Durchfall die häufigsten Erkrankungen in der Fohlenaufzucht. Die abszedierende Pneumonie spielt dabei eine besondere Rolle, da sie in einer schweren Erkrankung enden kann, die mit hoher Morbidität und Mortalität einhergeht. Die Folgen sind oft hohe Verlustraten bei der Aufzucht sowie hohe Behandlungs- und Präventionskosten (PRESCOTT, 1987; GIGUÈRE und LAVOIE et al., 1994; TAKAI, 1997; COHEN et al., 2000; GIGUÈRE, 2001).

Abszesse sind allgemein Ansammlungen von Eiter in einem nicht vorgebildeten, allseitig abgeschlossenen Gewebehohlraum. Das eitrige Sekret entsteht durch Gewebeschmelzungen, neutrophile, polymorphkernige Leukozyten und demarkierende Makrophagen. Letztere verwandeln sich in Schaumzellen. Anschließend findet eine Kapselbildung statt (MEURER, 1999). Diese Entzündungsform wird häufig durch Bakterien verursacht (BARTLETT, 1992). Abszedierende Pneumonien werden bei Fohlen bis zum sechsten Lebensmonat häufig durch Infektionen mit *Rhodococcus equi* (*R. equi*) und *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* (*Strep. zooepid.*) verursacht (HOFFMAN et al., 1993; LAVOIE et al., 1994). Insbesondere zwischen der vierten und der achten Lebenswoche sind Fohlen besonders anfällig für Infektionen, und schwerwiegende Lungenerkrankungen sind oft die Folge der noch nicht ausgereiften zellvermittelten Immunität und des sinkenden maternalen Antikörperspiegels (PRESCOTT, 1987; TAKAI et al., 1995). Dabei wirken Stress, hoher Keimdruck oder eine zu hohe Besatzdichte zusätzlich prädisponierend (ARDANS et al., 1986; PRESCOTT, 1993).

Bei Fohlen bis zum sechsten Lebensmonat wurde *R. equi* als häufigste Ursache und bei Fohlen, die älter als sechs Monate waren, nur noch *Strep. zooepid.* als Ursache einer abszedierenden Pneumonie nachgewiesen. Dabei wurde bei Fohlen mit *R. equi*-Nachweis im Tracheobronchialsekret dieser Erreger auch in den Gewebeproben der post mortem entnommenen Lungen gefunden. Ein post-mortem-Nachweis von *Strep. zooepid.* im Lungengewebe gelang dagegen bei Fohlen, die *Strep. zooepid.* im Tracheobronchialsekret aufwiesen, nicht immer. Als eine seltene Ursache für eine

abszedierende Pneumonie kommt auch eine chronisch verlaufende Aspirationspneumonie mit bakterieller Sekundärinfektion vor (LAVOIE et al., 1994). Lungenabszesse werden beim Fohlen auch durch Bakterien verursacht, die beim erwachsenen Pferd Pneumonien hervorrufen, wie z.B. *Actinobacillus*- und *Pasteurella* subsp., *Klebsiella* subsp., *Escherichia coli*, *Bordetella bronchiseptica* und *Streptococcus pneumoniae* (MARTENS et al., 1982).

2.1.1 Die *Rhodococcus-equi*-Pneumonie beim Fohlen

Erste Berichte über eine Pneumonie mit Abszessbildungen in der Lunge, zum Teil mit Gelenkbeteiligung und mit Metastasen in der Unterhaut, wurden von MAGNUSSON (1923) vorgelegt. Er isolierte aus den Abszessen in der Lunge eine neue Bakterienart, die zunächst als *Corynebacterium pyogenes (equi)*, später dann als *Rhodococcus equi* bezeichnet wurde. Dieses Bakterium wurde seitdem weltweit als Ursache für diese verlustreiche Fohlenerkrankung nachgewiesen (ELLENBERGER und GENETZKY, 1986). Es gilt somit als häufigster Erreger von schweren Pneumonien beim Fohlen, die ohne intensive Therapie tödlich enden können (GIGUÈRE und PRESCOTT, 1997; TAKAI, 1997; COHEN et al., 2000). Die Lungenerkrankung tritt sporadisch auf, kann aber auch endemisch bei bis zu 15% der Fohlen eines Betriebes klinische Symptome hervorrufen. Weltweit wird in Fohlenpopulationen über eine Mortalitätsrate von 5-80 % durch diese Pneumonieform berichtet (ELISSALDE et al., 1980; PRESCOTT, 1987; GIGUÈRE, 2001; COHEN et al., 2003). Die Inzidenz der *R.-equi*-Pneumonie ist von verschiedenen Umwelt- und Managementbedingungen sowie von der Virulenz der verschiedenen Erregerstämme abhängig (TAKAI et al., 1991). Das erstmalige Auftreten einer *Rhodococcus-equi*-Pneumonie auf einem Gestüt muss als Zeichen für ein möglicherweise wiederkehrendes Problem gesehen werden (COHEN et al., 2002).

2.1.1.1 Der Erreger

Rhodococcus equi wurde bei den ersten Beschreibungen aus Norwegen und Deutschland *Corynebacterium equi* genannt (PLUM, 1940; HOLTMAN, 1945). Infolge der Charakterisierung der biochemischen Eigenschaften, des Habitates sowie des

Zellwandaufbaus etablierte sich dann die Bezeichnung *Rhodococcus equi* (SKERMAN et al., 1980). Durch DNA-Analysen konnte die Zugehörigkeit des Bakteriums zu der Gruppe der nokardioformen Bakterien bestätigt werden (MORDARSKI und GOODFELLOW, 1980; CHARPARAS et al., 1982). Der Name „*Rhodococcus*“ ist letztlich auf die morphologischen Wachstumsveränderungen von bazillär bis coccoid (rod to coccus) zurückzuführen (PRESCOTT, 1991).

R. equi ist ein säurefestes, pleomorphes, unbewegliches, grampositives Stäbchen (WILSON, 1955; WOOLCOCK und MUTIMER, 1978; GIGUÈRE und PRESCOTT, 1997). Der Erreger ist ein zwei µm langer und bis zu ein µm breiter Organismus, der verschiedene L- und V- förmige Strukturen annehmen kann, die zum Teil wie chinesische Schriftzeichen aussehen (BARTON und FULTON, 1980). Diese mikroskopisch variablen Formen sind von den Kultur- und Temperaturbedingungen abhängig (MAGNUSSON, 1938). Züchtet man die *Rhodokokken* auf einem Blutagar-Nährboden an, entwickeln sich nach ca. 48 Stunden ein bis drei Millimeter große, feucht-glänzende, schleimige, weiß-graue Kolonien (JENSEN, 1934; BARTON und HUGHES, 1980). Mit zunehmendem Alter der Kultur wird ein Farbwechsel zu lachsrosa beobachtet. Die Struktur der Kolonien kann sowohl rau als auch glatt sein (CRAIG und DAVIS, 1940). Das Bakterium besitzt einen Virulenzfaktor, der auf einem Plasmid kodiert ist. Dieses sog. Vap (Virulenz assoziiertes plasmid) besteht aus 80 bis 85 Basenpaaren. Bisher wurden insgesamt sieben dieser virulenz-assoziierten Plasmide nachgewiesen. Dabei handelt es sich um das VapA und VapC bis VapH (TAKAI et al., 1991; TAN et al., 1995).

Das mit einer Polysaccharidkapsel umgebene Bakterium ist ein saprophytärer Bodenbewohner (GOODFELLOW und ALDERSON, 1977). Es stellt keine hohen Anforderungen an seine Umwelt und kann somit unter einfachen Lebensbedingungen wachsen (TAKAI et al., 1986). Einfache organische Säuren sind wichtige Nährstoffe für diesen Erreger. Solche findet er zum Beispiel im Fohlendarm, in dem die Wachstumsbedingungen bis zur ca. achten Lebenswoche optimal sind. Dahingegen kann sich *R. equi* aufgrund der anaeroben Flora nicht im Darmlumen erwachsener Pferde vermehren (HUGHES und SULAIMAN, 1987). Der Erreger kann sowohl im mit Kot kontaminierten Boden (TAKAI und TSUBAKI, 1985), als auch im Boden, auf dem keine Haustiere gehalten wurden, nachgewiesen werden (JENSEN, 1934). *R. equi* wurde in erhöhten Konzentrationen auf Gestüten nachgewiesen, auf denen langfristig Zucht und Aufzucht von Pferden betrieben wurden. In Betrieben mit

einer Pneumonie-Problematik ist die Erregerkonzentration in den Fohlenstallungen erhöht (PRESCOTT et al., 1984; MEYER-HAMME, 2004). Obwohl der Keim weltweit verbreitet vorkommt und unabhängig vom Auftreten von Pneumonien auf vielen Beständen mit Pferdehaltung nachgewiesen wurde, wird ein endemisches Vorkommen der Erkrankung nur in einzelnen Betrieben beobachtet (GIGUÈRE und PRESCOTT, 1997). Im Laufe der Jahre baut sich auf den betroffenen Gestüten eine stetig steigende Keimkonzentration auf. Die Anzahl der Keime unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen, da das Bakterium bei steigenden Temperaturen, Trockenheit und Wind besonders gute Wachstumsbedingungen vorfindet (TAKAI, 1997). *R. equi* zeichnet sich außerdem durch eine große Resistenz gegen Umwelteinflüsse und gegen Chemikalien aus (WILSON, 1955; BARTON und HUGHES, 1980). Der Erreger wird als ein opportunistischer Keim beschrieben, der auch bei immunsupprimierten Menschen, z.B. *HI-Virus* infizierten Patienten, zu Infektionen führt (HARVEY und SUNSTURM, 1991; DONISI et al., 1996). In Japan wurden in der Umgebung des Menschen lediglich avirulente Stämme von *R. equi* nachgewiesen (TAKAI et al., 1996).

2.1.1.2 Pathophysiologie

Eine Infektion mit *R. equi* erfolgt bereits innerhalb der ersten zwei Lebensstage (HOROWITZ et al., 2001; ALTHAUS, 2004). Die Erkrankung ist in der ersten Phase noch nicht klinisch manifest. Die klinischen Symptome der *R. equi*-Pneumonie werden vom ca. 20. bis 60. Lebenstag an beobachtet (PRESCOTT, 1987; GIGUÈRE und PRESCOTT, 1997; HOROWITZ et al., 2001; ALTHAUS, 2004).

Der Erreger besitzt die Fähigkeit in die Alveolarmakrophagen einzudringen und dort zu persistieren (ZINK et al., 1987). Dabei ist der intrazelluläre Parasitismus auf die Monozyten- und Makrophagen-Zelllinie beschränkt (HONDALUS et al., 1993). In einer in vitro Studie wurde gezeigt, dass *R. equi* in der Lage ist, sich in Makrophagen zu vermehren und die Phagosomen-Lysosomen-Fusion zu verhindern. Somit umgeht das Bakterium die intrazelluläre Verdauung (ZINK et al., 1985). Der Wandaufbau von *R. equi* ähnelt dem der *Mykobakterien*. Aus diesem Grund wird vermutet, dass beide Erreger mit dem gleichen Mechanismus der intrazellulären Verdauung ausweichen und so die Phagozytose umgehen (GOODFELLOW und ALDERSON, 1977). Dieser Mechanismus ist von mikrobiellen Faktoren wie dem virulenz-assoziierten Plasmid

(Vap) abhängig (TAKAI et al., 1991). Auch das Überleben und die Vermehrung des Bakteriums in den Makrophagen ist vom Vorliegen dieser Plasmide bestimmt (GIGUÈRE et al., 1999). Dabei ist noch unklar, welche der Plasmide (VapA und VapC bis H) für die pathogenen Eigenschaften verantwortlich sind (WADA et al., 1997; GIGUÈRE et al., 1999). Als weitere Virulenzfaktoren werden die Equi-Faktoren diskutiert. Dabei handelt es sich um Exoenzyme und Bestandteile der Bakterienkapsel, die aus Polysacchariden, Cholesteroxidase, Cholinphosphohydrolase und Phospholipase C bestehen. Die pathogenen Funktionen dieser Equi-Faktoren scheinen jedoch eine geringere Bedeutung zu haben als die der virulenz-assoziierten Plasmide (GIGUÈRE, 2001).

2.1.1.3 Klinische Erscheinungen

Die rechtzeitige Erkennung einer *R.-equi*-Pneumonie ist eine diagnostische Herausforderung, da erkrankte Fohlen dem Besitzer erst in einem späten, fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung auffallen. Die ersten klinischen Anzeichen, z.B. eine erschwerte Atmung, zeigen sich meistens in Stresssituationen oder durch das Handling der Fohlen. Eventuell kann auch ein kurzzeitiger Anstieg der Körpertemperatur beobachtet werden. Diese ersten Anzeichen werden durch den Besitzer häufig übersehen, so dass erkrankte Fohlen erst erkannt werden, wenn die klinischen Symptome eindeutig, die Lungenveränderungen aber bereits schwerwiegend sind (PRESCOTT und HOFFMAN, 1993). Dabei wird häufig beidseitiger Nasenausfluss, hochgradige Tachypnoe mit verstärktem abdominalem Atemtyp, Husten, Lethargie, Fieber und evt. auch Anorexie beobachtet (MARTENS et al., 1982; BEECH und SWEENEY, 1991; GIGUÈRE, 2001). Auch subakute Todesfälle oder Fälle, bei denen die Fohlen akut hohes Fieber und hochgradige Dyspnoe aufweisen, sind bei dieser Erkrankung beschrieben. Die Prognose der perakuten, schweren Form gilt als sehr ungünstig (PRESCOTT, 1987; GIGUÈRE, 2001).

2.1.1.4 Immunologische Eigenschaften

Entgegen früheren Vermutungen, dass sich Fohlen in der Phase, in der sie einen niedrigen Serum-Antikörpergehalt aufweisen, infizieren, und die maternal übertragenen Antikörper eine protektive Immunität erzeugen (ARDANS et al., 1986),

ist heute bekannt, dass die Antikörper gegen *R. equi* keinen ausreichenden Schutz zur Verhinderung einer Pneumonie darstellen (ELLENBERGER et al., 1984; PAUL, 2005). Ähnliche Erkenntnisse liefern Studien an natürlich infizierten Fohlen, bei denen *R.-equi*-spezifisches Hyperimmun-Serum oder –Plasma keine prophylaktische Wirkung zeigte (MARTENS et al., 1989; SCHULTE, 2005).

Infolge des fakultativ intrazellulären Parasitismus von *R. equi* wird der zellvermittelten Immunität eine entscheidende Rolle bei der Abwehr zugesprochen. Die meisten Erkenntnisse dazu sind auf in vitro Versuche mit Mäusen zurückzuführen (YAGER et al., 1991). Dabei spielt vor allem die von den CD-4-T-Lymphozyten (auch T-Helfer-Zellen genannt) vermittelte Th-1-Immunantwort eine wichtige Rolle. Diese Zellen sezernieren die Zytokine IFN- γ und IL-2, die eine Aktivierung der Makrophagen und dadurch auch der zellvermittelten Immunität bewirken (KANALY et al., 1996). Bei Fohlen, die mit einem virulenten *R. equi*-Stamm infiziert waren, wurde eine geringere IFN- γ -Konzentration nachgewiesen als bei Fohlen, die mit einem avirulenten Stamm infiziert waren (GIGUÈRE et al., 1996). In Versuchen mit Mäusen wurde gezeigt, dass Mäuse, die auf eine experimentelle *R.-equi*-Infektion mit einer überwiegend Th-2 vermittelten Immunantwort reagierten, verstarben (KANALY et al., 1996). Des Weiteren wurde bei diesen Mäusen eine hohe Konzentration an IL-10 gemessen. Da dieses Interleukin die Th-1-Antwort reduziert, wird vermutet, dass virulente *Rhodokokken*-Stämme einen immunmodulierenden Effekt haben, der die Pathogenese der Erkrankung maßgeblich mitbestimmt (GIGUÈRE, 2001).

2.1.1.5 Pathologie

Die postmortalen Veränderungen bei an *R.-equi*-Pneumonie erkrankten Fohlen stellen sich im Sektionsbild wie folgt dar: Es besteht eine beidseitige subakute bis chronische Bronchopneumonie mit teilweise massiven Abszessbildungen und einer angrenzenden eitrigen Lymphadenitis (ELLENBERGER und GENETZKY, 1986; AINSWORTH, 1999). Die Lunge ist nicht kollabiert, von dunkler Farbe und hyperämisch (AINSWORTH, 1999). Lunge, Luftwege und Parenchym sind verdichtet und mit Mukus gefüllt (MARTENS et al., 1982; ZINK et al., 1986). Das aus den Schnittflächen austretende Sekret ist mukopurulent. Lungengewebe, das sich um die Bronchien herum befindet, ist verdichtet oder eingeschmolzen (BARTON und

HUGHES, 1980). Die Pleura ist nur selten in das Entzündungsgeschehen einbezogen (ELLENBERGER und GENETZKY, 1986).

Die Abszesse können multifokal vorkommen (MARTENS et al., 1982; FALCON et al., 1985; AINSWORTH, 1999). In 20% der Sektionsfälle wurden nur einzelne Abszesse vorgefunden (ZINK et al., 1986). Diese sind von miliarer Größe, können jedoch auch eine Ausdehnung von bis zu sieben Zentimetern haben. Die Abszesse werden vor allem im ventralen Bereich der Lunge gefunden (MARTENS et al., 1982; FALCON et al., 1985; AINSWORTH, 1999), während sie im kaudalen Lungenlappen nur vereinzelt anzutreffen sind. Bei 20% der Fohlen kamen die Abszesse generalisiert über das Lungenfeld verteilt vor (ZINK et al., 1986). Der Abszessinhalt ist von zähflüssiger bis käsig krümeliger Konsistenz und weist eine graurote bis gelbliche Farbe auf. Dabei fällt ein unangenehmer Geruch auf (AINSWORTH, 1999).

Im fortgeschrittenen Krankheitsverlauf kann sich die Lymphadenitis auch auf die Lymphknoten des Mediastinums und des Halsbereiches ausdehnen. Die betroffenen Lymphknoten können dabei eine bis zu achtfache Größe annehmen und mit käsigem Material gefüllt sein. Im Wandbereich sind häufig fibrinöse Umbauprozesse sichtbar. Wird keine abszedierende Entzündung der Lymphknoten festgestellt, sind sie häufig vergrößert und ödematös mit nekrotischer Schnittfläche (FALCON et al., 1985). Nach experimenteller Infektion konnte gezeigt werden, dass die Lungenschäden mit der Infektionsdosis korrelieren (WADA et al., 1997).

Histologische Befunde:

Pneumonien, die durch *R. equi* ausgelöst wurden, weisen einen pyogranulomatösen Charakter auf (ELLENBERGER und GENETZKY, 1986). Das Zentrum der Abszesse enthält nekrotisches Zellmaterial. Es ist umgeben von zugrunde gehenden neutrophilen Granulozyten, während die Peripherie massenhaft von Makrophagen infiltriert ist. Einzelne Riesenzellen und Lymphozyten sind selten zu finden. Das Lungenparenchym, das sich um den Abszess herum befindet, ist hyperämisch und ödematös. Sowohl im nekrotischen Abszessinhalt als auch in den Alveolen und im Zytoplasma der Makrophagen und neutrophilen Granulozyten sind unterschiedlich viele grampositive Stäbchenbakterien zu erkennen (HILLIDGE, 1986). Im Verlauf der Erkrankung prägt eine zunehmende Anzahl nekrotischer Makrophagen das histologische Bild (LUHRMANN et al., 2004). Neben der histologisch erkennbaren pyogranulomatösen Pneumonie kann eine akute purulente Bronchitis und

Peribronchitis diagnostiziert werden. Dabei sind in den Alveolen eingewanderte Makrophagen und neutrophile Granulozyten und in den Bronchien Fibrin- und selten Eiterablagerungen zu erkennen (ELLENBERGER und GENETZKY, 1986).

2.1.1.6 Diagnostik

Eine frühe Diagnosestellung, zu Beginn der Erkrankung, ist lediglich mit Hilfe der klinischen Symptome oft schwierig, da der schleichend fortschreitende Funktionsausfall der Lunge von den Fohlen bis zu einem gewissen Grad kompensiert wird (GIGUÈRE, 2001; ALTHAUS, 2004). Erschwerend kommt hinzu, dass die Befunde der Lungenauskultation nicht immer mit dem Ausmaß der Erkrankung korrelieren (FALCON et al., 1985). Bei der chronischen Form der *R.-equi*-Pneumonie können klinische Symptome wie Fieber und eine erhöhte Atemfrequenz sowie Dyspnoe auftreten. In schweren, fortgeschrittenen Fällen und bei schwerwiegenden Lungenveränderungen kann auch beidseitiger Nasenausfluss, hochgradige Tachypnoe mit verstärktem abdominalem Atemtyp, Husten, Lethargie und eventuell auch Anorexie beobachtet werden (MARTENS et al., 1982; BEECH und SWEENEY, 1991; GIGUÈRE, 2001).

Klinische Laboruntersuchungen:

Einige Blutparameter wie die Fibrinogenkonzentration und die Leukozytenzahl sind diagnostisch hinweisend für eine *R.-equi*-Infektion. Früheren Berichten zufolge haben die Fibrinogenkonzentration und der Leukozytenwert eine prognostische Bedeutung (LAVOIE et al., 1994). Bei erkrankten Fohlen wird ein deutlicher Anstieg der beiden Parameter festgestellt (SWEENEY et al., 1987; LAVOIE et al., 1994). Im Gegensatz dazu wird in neueren Studien diesen Parametern bei der *Rhodococcus-equi*-Pneumonie kaum mehr eine prognostische oder diagnostische Bedeutung zugesprochen (GIGUÈRE, 2001; HEYERS, 2004), da sie sich im Vergleich zur klinischen Untersuchung und zu einem Erreger-Nachweis aus dem Tracheobronchialsekret als wenig sensibel und wenig spezifisch erweisen (GIGUÈRE et al., 2003).

Serologie:

In einer Studie an Fohlen auf einem Gestüt mit endemischem Vorkommen von *R.-equi*-Pneumonie wurden fünf verschiedene serologische Tests, drei ELISA-, (enzyme-linked-immuno sorbent assay) ein AGID- (Agar-Gel-Immunodiffusionstest) und ein SHI-Test (Hemmung der synergistischen Hämolyse), geprüft. Dabei konnte keiner dieser Tests ein an *R.-equi*-Pneumonie erkranktes Fohlen zuverlässig erkennen (MARTENS et al., 2002). Die serologischen Tests liefern lediglich einen Überblick über den Status einer Herde, sind jedoch nicht als diagnostisches Mittel für das Einzeltier verwendbar (GIGUÈRE und PRESCOTT, 1997).

Bildgebende Verfahren:

In der Literatur wird die **Radiographie** der Lunge beim Pferd als ein gutes diagnostisches Mittel zur Detektion von Lungenabszessen beschrieben (FALCON et al., 1985). Die seitliche Thoraxaufnahme kann bei Fohlen Hinweise auf eine *R.-equi*-Pneumonie liefern (HILLIDGE, 1987; ZERTUCHE und HILLIDGE, 1987). In einer Studie an 17 Fohlen, die nachweislich unter einer *R.-equi*-Pneumonie litten, konnte bei 13 der erkrankten Tiere eine abszedierende Pneumonie mittels radiologischer Untersuchung detektiert werden, wohingegen bei nur 12 Tieren Lungenabszesse mittels ultrasonographischer Untersuchung detektiert wurden. Daraus folgern die Autoren, dass die röntgenologische Untersuchung der Lunge, im Vergleich zur ultrasonographischen Untersuchung, das sicherere diagnostische Mittel ist (RAMIREZ et al., 2004). Des Weiteren wird die Röntgenuntersuchung des Thorax bei Fohlen mit einer *R.-equi*-Pneumonie als ein wichtiges Kriterium für die Prognose des Patienten und als eine Entscheidungshilfe für eine eventuelle Euthanasie angesehen (FALCON et al., 1985).

Die **ultrasonographische Untersuchung** des Thorax hat sich dennoch als wertvolles Verfahren zur Diagnostik von Lungenabszessen beim Fohlen bewährt (GIGUÈRE, 2001; JUNG und BOSTEDT, 2004; RAMIREZ et al., 2004). In einer Studie an 149 Fohlen, die wöchentlich sonographisch untersucht wurden, zeigte sich, dass die Ultraschalluntersuchung Lungenbefunde aufdeckte, bevor klinische Symptome zu beobachten waren. Die Ultraschalluntersuchung ist somit ein gutes diagnostisches Mittel zur Früherkennung von *R.-equi*-Pneumonien (ALTHAUS, 2004). In der Peripherie der Lunge befindliche Läsionen und Defekte der Pleura sind

mittels Ultraschographie gut darstellbar (RANTANEN, 1986; REEF, 1991b; GIGUÈRE, 2001). Es können jedoch mittels Ultraschalluntersuchung keine Abszesse im Zentrum der Lunge und solche ohne Kontakt zur Pleura erkannt werden (GIGUÈRE, 2001).

Zytologie, Kultur und PCR-Diagnostik:

Um eine *R. equi*-Pneumonie nachzuweisen, ist eine bakteriologische, kulturelle oder auch eine erweiterte PCR-Untersuchung notwendig (HILLIDGE, 1987). Vor allem bei Betrieben ohne *R. equi*-Vorgeschichte wurde eine bakteriologische Untersuchung des Tracheobronchialsekretes empfohlen (GIGUÈRE, 2001). Entgegen früherer Studien, bei denen sich die Entnahme und die bakteriologische Untersuchung von Tracheobronchialsekret als gleich bleibende und verlässliche Methode darstellte (MULLER und MADIGAN, 1992; LAVOIE et al., 1994), zeigte sich in neueren Studien, dass auch bei Fohlen mit sonographisch nachgewiesenen Lungenabszessen der Nachweis von *R. equi* im Nasentupfer oder im Tracheobronchialsekret nicht regelmäßig gelang (bei 24% aus dem Nasentupfer und bei 54% aus dem Tracheobronchialsekret) und somit nicht als zuverlässiges Diagnostikum dienen kann (MEYER-HAMMEN, 2004). Auch bei Fohlen, die Befunde einer abszedierenden Pneumonie im Röntgenbild aufwiesen, erfolgte der Nachweis von *R. equi* im Tracheobronchialsekret durch bakteriologische Kultur in nur 50 bis 60% der Proben (HILLIDGE, 1987). Die Befunde der kulturellen- und der PCR-Untersuchung auf *R. equi* sollten infolge der verschiedenen Untersuchungsergebnisse immer im Zusammenhang mit den klinischen Symptomen und den klinischen Laborparametern betrachtet werden. Dabei kann die PCR-Untersuchung die bakteriologische Untersuchung nicht ersetzen, sondern lediglich bestätigen. Bei der bakteriologischen Untersuchung können evtl. noch andere pathogene Keime, die für das Krankheitsgeschehen verantwortlich sind, nachgewiesen werden (SELLON et al., 2000; GIGUÈRE, 2001).

2.1.2 Die Infektion des Fohlens mit *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*

Streptococcus equi subsp. *zooepidemicus* gilt neben *R. equi* als eine Ursache für die abszedierende Pneumonie beim Fohlen (HOFFMAN et al., 1993; LAVOIE et al., 1994). *Streptokokken* sind Bakterien, die bei Fohlen und erwachsenen Pferden

eitrige Entzündungen hervorrufen können (SELBITZ, 2002). Sie haben eine besondere Affinität zu Schleimhäuten und verursachen infolgedessen Entzündungen der Haut, des Respirationstraktes (Rhinitis, Pharyngitis, Bronchopneumonie) und des Genitaltraktes (BLOBEL et al., 1980; HAWARI und SONNENSCHNEIN, 1981; AL-GRAIBAWI et al., 1984; WELSH, 1984; PLAGEMANN, 1988).

2.1.2.1 Der Erreger

Streptococcus equi subsp. *zooepidemicus* wurde früher als eigene Art *Streptococcus zooepidemicus* bzw. *Strept. pyogenes animalis* geführt (SELBITZ, 2002). In den 80-er Jahren wurde dann die bis heute gültige Taxonomie festgelegt (BRIDGE und SNEATH, 1983).

Strep. zooepid. ist ein grampositives, kokkenförmiges Bakterium. Bei der kulturellen Anzucht zeigt der Erreger ein schleimiges Wachstum und eine deutliche, vollständige Hämolyse (β -Hämolyse) auf der Blutagar-Platte. Die Wachstumseigenschaften sind auf die Virulenzfaktoren der Bakterien zurückzuführen (FARROW und COLLINS, 1984; ROTTA, 1986; SELBITZ, 2002). Diese Faktoren bestehen aus dem für die *Streptokokken* typischen M-like-Protein, einer hyaluronsäurehaltigen Kapsel und weiteren Zellwandbestandteilen (FARROW und COLLINS, 1984; ROTTA, 1986). Das M-like-Protein befindet sich in der Kapsel des Bakteriums und hat anti-phagozytotische Eigenschaften (TIMONEY et al., 1995). Es bildet außerdem die Grundlage des Typisierungssystems der *Streptokokken* von Moore und Bryans (WALKER und TIMONEY, 1998). Die Bildung von Hyaluronidase dient zur Invasion des Bakteriums in die Zellen und ist zusätzlich als antigenes Enzym wirksam (SELBITZ, 2002). Der Erreger weist eine enge Verwandtschaft zu dem Drüsenerreger *Streptococcus equi* subsp. *equi* auf. Beide gehören in die Lancefield-Gruppe C (FARROW und COLLINS, 1984; TIMONEY, 2004). Im Gegensatz zu *Strep. equi* subsp. *equi* besitzt *Strep. zooepid.* ein breites Wirtsspektrum und kommt bei allen Haussäugetieren und beim Menschen vor (SELBITZ, 2002; TIMONEY, 2004). Equine *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*-Stämme weisen eine große antigene Varianz auf. Sie unterscheiden sich vor allem bezüglich der Säure- und Hitze-Resistenz, der Trypsin-Sensitivität, der α -helikalen-Struktur und des M-like-Proteins (MOORE und BRYAN, 1969; TIMONEY et al., 1995).

2.1.2.2 Pathophysiologie

Eine Erkrankung von Fohlen, die durch *Strep. equi* subsp. *zooepidemicus* ausgelöst wird, kann im Zusammenhang mit einer Neuinfektion auftreten oder die Folge einer Aktivierung einer bestehenden latenten Infektion sein. Es kann sich bei der Erkrankung auch um eine sekundäre Infektion handeln, bei der das Gewebe schon durch andere Bakterien oder Viren vorgeschädigt wurde (GERBER, 1994; SELBITZ, 2002). Eine unzureichende Versorgung des Fohlens mit maternalen Antikörpern über das Kolostrum wird als begünstigender Faktor zum Ausbruch einer Infektion mit *Strep. zooepid.* gesehen (BOSTEDT, 1998). Die Infektion des Fohlens mit *Strep. zooepid.* kann sowohl omphalogen als auch aerogen oder oral erfolgen (BISPING und GERBER, 1997; BOSTEDT, 1998). Eine Übertragung über die Haut, die Milch oder bei adulten Pferden über den Deckakt ist ebenfalls beschrieben (SELBITZ, 2002). Darüber hinaus wird auch über eine intrauterine Übertragung des Erregers berichtet (BISPING und GERBER, 1997; BOSTEDT, 1998; SELBITZ, 2002). In vivo wurde eine hohe Kontagiosität des Erregers nachgewiesen. *Strep. zooepid.* kommt nicht in der Umwelt der Pferde vor, überlebt jedoch nach Ausscheidung bis zu einigen Wochen in deren Umgebung (SELBITZ, 2002).

Pathologische Veränderungen:

Bei der akuten Form ist das Bild von septikämischen Erscheinungen geprägt. Dabei werden Blutungen im Peritoneum, im Epikard und in der Lunge beobachtet. Die Organe, vor allem die Milz, können geschwollen sein. Eine Hypostase der Lunge und eine Herzmuskeldegeneration ist ebenfalls beschrieben (BISPING und GERBER, 1997). Bei der subakuten bis chronischen Form sind vor allem die Gelenke betroffen. Durch die entzündlichen Prozesse ist die Synovia-Flüssigkeit vermehrt und trüb. Teilweise sind Eiterflocken zu finden. In Lunge und Leber können sich ebenfalls Eiterherde befinden. Der Nabel ist häufig entzündet. Die Gefäße im entzündeten Gewebe erscheinen durch Thromben erweitert und verdickt. Auf dem Herzbeutel und dem Lungenfell sind fibrinartige Auflagerungen zu finden, die bis zu Verklebungen von Lunge, Herzbeutel und Rippenfell führen. Eventuell liegen auch Anzeichen einer eitrigen Bronchopneumonie vor (WINTZER, 1997).

Beim equinen Shipping Fever stehen die Veränderungen in der Lunge im Vordergrund. In einem Infektionsversuch an zehn Pferden, bei dem *Strep. zooepid.* direkt via Endoskop in die Lunge eingebracht wurde, wurde eine Pneumonie

induziert. Die resultierenden pathologischen Veränderungen begannen anfänglich mit einer hämorrhagischen Pneumonie, die sich dann zu einer purulent-hämorrhagischen Lungenentzündung entwickelte. Im weiteren Verlauf wird eine purulente Koagulationsnekrose erkennbar (YOSHIKAWA et al., 2003). Hartnäckige Pneumonien und Schäden im Spitzenlappenbereich werden ebenso beobachtet wie diffuse oder fokale Pneumonien mit Abszessen oder auch mit Pleuritis (BRYANS und MOORE, 1972; VIEL und HOFFMAN, 1995).

Pathomechanismen:

Typisch für *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* ist eine lokale Infektion der Schleimhaut mit Neigung zur Sepsis. Durch eine folgende Bakteriämie kommt es zur Ausbreitung des Keimes in andere Körperteile, wie beispielsweise Gelenke oder innere Organe. Hier manifestiert sich dann eine eitrige Entzündung (WINTZER, 1997). Für diese Entzündungsform sind Bestandteile der Bakterienwand und der Kapsel verantwortlich (SEBLITZ, 2002). Infolge der massiven Anhäufung und Zerstörung von neutrophilen Granulozyten im Entzündungsgebiet wird angenommen, dass die *Streptokokken* wahrscheinlich neben dem M-like-Protein noch andere Substanzen besitzen, die einen chemotaktischen Effekt auf neutrophile Granulozyten haben (OIKAWA et al., 1994). Zusätzlich wurde eine hemmende Wirkung der Bakterien auf den Komplementfaktor 3b beschrieben (BOSCHWITZ et al., 1994a und 1994b). Die Koagulationsnekrose wird durch die oben aufgeführten Substanzen und durch die Resistenz des Erregers gegenüber der Phagozytose durch die Alveolarmakrophagen und die neutrophilen Granulozyten verursacht (JORGENSEN et al., 1970; YATES, 1988; YOSHIKAWA et al., 2003). *Strep. zooepid.* hat demzufolge variable Virulenzeigenschaften und zeichnet sich durch eine opportunistische Natur aus (DIVERS et al., 1992).

2.1.2.3 Die Fohlenseptikämie

Strep. zooepid. ist, neben einigen anderen Erregern, wie *Escherichia coli*, Staphylokokken, anderen β -hämolysierenden Streptokokken und *Chlamydia* subsp., einer der wichtigsten Erreger der neonatalen Septikämie. Diese Erkrankung wird im Volksmund auch als Fohlenlähme bezeichnet (BOSTEDT, 1998). Früher wurde zwischen der sog. Früh lähme, die sich in den ersten Lebenstagen manifestiert, und

der Spätlähme oder auch klassischen Fohlenlähme, die in den ersten Lebenswochen auftritt, unterschieden (BISPING und GERBER, 1997; BOSTEDT, 1998). Infektionsquellen können ältere Pferde, wie z.B. die Mutterstute oder eine kontaminierte Umwelt sein (BOSTEDT, 1998). Das Erscheinungsbild der Frühlähme ist von der Geburt lebensschwacher Fohlen geprägt. Bei der Erkrankungsform, die kurz nach der Geburt auftritt, muss davon ausgegangen werden, dass sich die Fohlen noch im Mutterleib oder während der Geburt mit dem Erreger infizierten. Bei Stuten, die lebensschwache Fohlen auf die Welt brachten, wurde häufig auch eine Infektion des Genitaltraktes mit *Strep. zooepid.* festgestellt (BISPING und GERBER, 1997; BOSTEDT, 1998). Bei betroffenen Fohlen prägen Fieber, verminderter Saugreflex und Trägheit bis Apathie das klinische Bild. Teilweise kommt eine Diarrhoe oder zumindest eine Verflüssigung des Kotes hinzu (WINKLER, 1974; BISPING und GERBER, 1997; BOSTEDT, 1998).

Bei der Spätlähme handelt es sich um die subakute bis chronische Erkrankungsform, die meistens etwa ab der zweiten Lebenswoche zu beobachten ist. Die Infektion erfolgt oft über den Nabel (WINKLER, 1974; WINTZER, 1997; BOSTEDT, 1998).

Das häufigste klinische Erscheinungsbild ist eine Polyarthrit. Meistens sind die großen Gelenke, wie das Knie- und das Sprunggelenk, entzündlich verändert (WINKLER, 1974; WINTZER, 1997). Sind die Wirbelgelenke betroffen, können Lähmungserscheinungen, wie Para- und Tetraplegien, auftreten (BOSTEDT, 1998). Im Zusammenhang mit der neonatalen Septikämie kann es auch zur Erkrankung des Respirationstraktes kommen (WINTZER, 1997). Die Affektion der Lunge ist dann Folge einer metastasierenden Pyämie. Dabei lagern sich die Metastasen in der Lunge ab und führen bei den betroffenen Fohlen zu mukopurulentem Nasenausfluss, schmerzhaftem Husten und Atemgeräuschen (VIEL und HOFFMAN, 1995; BOSTEDT, 1998). *Strep. zooepid.* wurde auch bei Pleuritiden und abszedierenden Pneumonien nachgewiesen (BRYANS und MOORE, 1972).

2.1.2.4 Die Pneumonie

Die besondere pathogene Bedeutung von *Strep. zooepid.* in Bezug auf Lungenerkrankungen wurde bei Fohlen und bei Rennpferden festgestellt (HOFFMAN et al., 1993; WOOD et al., 1993). Das Bakterium *Strep. zooepid.* ist beim Pferd ein üblicher Kommensale der Tonsillen und des Nasopharynx, der jedoch häufig bei

Pneumonien eine Rolle spielt (KAMADA und AKIYAMA, 1975; HIRSH und JANG, 1987; KNIGHT und HIETALA, 1987; WARNER, 1990 a, b; LAVOIE et al., 1991; OIKAWA et al., 1995). Der Erreger ist nicht Wirts-adaptiert und wird beim Pferd bei vielen eitrigen Infektionen z.B. der Gelenke, der Lymphknoten, der Nasenhöhle und der Lungen nachgewiesen (HOFFMAN et al., 1993). *Strep. zooepid.* steht vor allem im Verdacht eine Pneumonie auszulösen, die als Shipping Fever bezeichnet wird und infolge von Stress, z.B. durch Transport oder Wettkämpfe, entsteht (BEECH und SWEENEY, 1991; OIKAWA et al., 1994, 1995; YOSHIKAWA et al., 2003; TIMONEY, 2004). In zwei unabhängig voneinander durchgeführten Studien, in denen Vollblutfohlen untersucht wurden, die an einer Infektion der tiefen Atemwege litten, wurde der Erreger *Strep. zooepid.* am häufigsten nachgewiesen (TIMONEY, 1991; HOFFMAN et al., 1993). Das Bakterium gilt auch als eine Ursache für abszedierende Pneumonien (LAVOIE et al., 1994). Darüber hinaus wurde der Erreger als häufigste Ursache für eine Endometritis bei Stuten nachgewiesen (PYCOCK und ALLEN, 1989).

2.1.2.5 Diagnostik

Bei respiratorischen Erkrankungen wird *Strep. zooepid.* im Tracheobronchialsekret von kranken Pferden gefunden (WINTZER, 1997; BOSTEDT, 1998). Bei Verdacht auf die Fohlenseptikämie kann der Erreger in der Gelenkflüssigkeit mittels bakteriologischer Untersuchung nachgewiesen werden. Bei anderen Erkrankungsformen kann ebenso eitriges Nasen- oder Konjunktivalsekret entnommen werden (WINTZER, 1997; BOSTEDT, 1998).

2.2 Physikalische Grundlagen der Radiologie

Röntgenstrahlen werden im Spektrum der elektromagnetischen Wellenstrahlung zwischen UV- und Gamma- Strahlung eingeordnet. Dabei wird zwischen zwei Arten der sogenannten X-Strahlen unterschieden. Dieses ist zum einen die charakteristische (monoenergetische) Röntgenstrahlung und zum anderen die Bremsstrahlung. Für die medizinische Diagnostik ist besonders die Bremsstrahlung von Bedeutung (GIESE, 1997). Diese entsteht, wenn Elektronen von der Kathode zur Anode hin beschleunigt und in Kernnähe eines Atoms abgebremst werden. Die frei

werdende Energie verlässt den Atomverband in Form von Röntgenquanten. Die Höhe dieser Energie ist von der Stärke der Abbremsung abhängig (GIESE, 1997). Kathode und Anode befinden sich in einem hochevakuierten Glaskolben, der sog. Röntgenröhre. Als Kathode wird ein Wolframdraht verwendet, der durch Erhitzen die Elektronen liefert. Die Röhre besitzt einen Mantel aus Stahl, der zur Isolation und Kühlung Öl enthält (DIETZ und LIETZKE, 2004).

Bei der konventionellen Röntgentechnik wird das Bild auf einem speziellen Röntgenfilm aufgezeichnet (DIETZ und LIETZKE, 2004). Um die Belichtungszeit der Filme möglichst gering zu halten und die auftreffenden Röntgenstrahlen in ihrer Wirkung zu verstärken, wurden die sog. Verstärkerfolien entwickelt. Diese werden nach dem Sandwichprinzip in die Röntgenkassette eingeklebt und sind Polyesterfolien mit fluoreszierendem Material, das heutzutage aus Seltenen Erden besteht. Der Verstärkungsgrad dieser Folien wird in Empfindlichkeiten angegeben (Bsp.: 100, 200, 400). Je höher die Zahl, desto größer ist der Verstärkungsgrad, d.h. umso weniger Strahlung muss verwendet werden, um den Film zu schwärzen. Mit steigender Verstärkung geht jedoch die Detailzeichnung verloren. Dementsprechend haben die feinzeichnenden Folien ein größeres Auflösungsvermögen. Es ist jedoch eine relativ lange Belichtungszeit nötig, um eine Schwärzung zu erzeugen. Bei hochverstärkenden Folien ist eine geringere Belichtungszeit notwendig, die Detailzeichnung geht jedoch verloren. Die verwendeten Filme müssen immer an die Folien angepasst sein (HARTUNG und TELLHELM, 2000).

Röntgenbilder werden auch als Schattenbilder, sog. Absorptionsschatten, bezeichnet. Die verschiedenen Graustufen entstehen durch die unterschiedlich starke Absorption von Röntgenstrahlen durch verschiedene Gewebe (GIESE, 1997). Die Strahlenqualität oder Strahlenhärte ist abhängig von der Spannung (kV), die an die Röntgenröhre angelegt wird. Je höher diese Spannung ist, desto stärker ist die Beschleunigung der Elektronen und desto energiereicher sind auch die Röntgenstrahlen (HARTUNG und TELLHELM, 2000). Die Strahlenmenge ist abhängig vom angelegten Röhrenstrom in Milliampere (mA) und wird an den meisten Geräten in Verbindung mit der Zeit, dem Milliamperesekundenprodukt (mAs), angegeben (DIETZ und LIETZKE, 2004). Sie ist entscheidend für die Schwärzung der Folie und die Detaildarstellung.

2.2.1 Röntgendiagnostik am Thorax beim Fohlen

Thoraxaufnahmen werden beim erwachsenen Pferd schon seit den dreißiger Jahren durchgeführt. BOLZ (1936) empfiehlt eine latero-laterale Aufnahmetechnik. Bei dieser Technik werden die beiden Lungen zwar übereinander projiziert, die diagnostisch relevante Bereiche der Lunge sind jedoch gut erkennbar. Eine Zuordnung der Befunde auf die rechte oder linke Lungenseite mit einer einzigen Aufnahme ist nicht möglich. Um eine Zuordnung der Befunde zu gewährleisten, muss der Thorax von beiden Seiten geröntgt werden (RENDANO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001; SANDE und TUCKER, 2004), da sich die kassettennahe Lungehälfte besser darstellen lässt als die kassettenferne. Folglich sind einige Befunde besser zu erkennen, und eine Zuordnung der Thoraxseite ist eher möglich (RENDANO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001). Bei der dorso-ventralen Aufnahmetechnik verhindern der Widerrist, die Wirbelsäule, das schräg stehende Diaphragma, das Herz und die Unterbrustmuskulatur die Darstellung eines diagnostisch relevanten Bereiches der Lunge (FARROW, 1981a). Die Erstellung von Thoraxaufnahmen beim adulten Pferd sind unter den Bedingungen der ambulanten Fahrpraxis eine schwierige Aufgabe und ist deshalb Kliniken vorbehalten. In vielen Fällen sind die Größe des Tieres und die mangelnde Leistung der in der Praxis verwendeten Röntgengeräte die limitierenden Faktoren für eine Röntgendiagnostik am Thorax (FARROW, 1981a). Beim Fohlen hingegen können Thoraxaufnahmen, vor allem im Alter von ein bis drei Monaten auch gut unter Feldbedingungen angefertigt werden (MARTENS und RUOFF, 1982; SANDE und TUCKER, 2004).

Die Röntgendiagnostik wird häufig noch als das wichtigste und aussagekräftigste diagnostische Mittel bei Thoraxerkrankungen des Fohlens angesehen. Die Ultrasonographie gilt dagegen als eine ergänzende Hilfe zur Diagnostik von Rippenfrakturen und Ansammlungen von Flüssigkeit im Pleuraspalt (LESTER und LESTER, 2001).

Röntgentechnik beim Fohlen:

Für die Röntgentechnik beim Fohlen wird eine 400-er Film-Folien-Kombination empfohlen. Die Einstellung des Röntgengerätes wird mit ca. 80 kV und 10 bis 30 mAs angegeben. Der Film-Focus-Abstand beträgt 100 cm. Zusätzlich werden Raster

verwendet, um die Streustrahlung so gering wie möglich zu halten. Bei lungenkranken Fohlen mindern Bewegungsartefakte, die durch die hohe Atemfrequenz entstehen, die Qualität der Bilder und erschweren dadurch die Interpretation der Thoraxaufnahme (RENDANO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001).

2.2.2 Physiologische Befunde bei Thoraxaufnahmen

Röntgenanatomie:

Zur **Interpretation** von Röntgenbildern des Thorax sind sowohl Kenntnisse über die gesamte Anatomie des Brustkorbes, der Röntgenanatomie als auch der Aufnahmetechnik nötig (FARROW, 1981 a). Auf dem Röntgenbild des Thorax wird das Lungenfeld dorsal von den Wirbelkörpern, ventro-kaudal vom Diaphragma und kranial bzw. kranio-ventral vom Herzschatten begrenzt (SANDERSON UND O`CALLAGHAN, 1983). Der Oesophagus wird als muskulöser Strang durchstrahlt und stellt sich somit im gesunden Zustand nicht im Röntgenbild dar. Er lässt sich jedoch mittels Kontrastmitteln darstellen. Im weiteren Verlauf kreuzt er oberhalb der Herzbasis die Arteriae und Venae pulmonales und verschwindet nach rechts in den Leber- und Zwerchfellschatten (GRUNER und SIEGERT, 1955).

Knöcherne Strukturen:

Die Rippen stellen sich je nach Atemphase als nach kaudal leicht geneigte, parallel zueinander verlaufende, strahlendichte Strukturen dar, die von den Wirbelkörpern ausgehen und sich im Zwerchfellpfeiler und im Herzschatten verlieren (SANDERSON und O`CALLAGHAN, 1983). BOLZ (1936) vergleicht die Rippen mit Gitterstäben. Infolge der geometrischen Verzerrung stellen sich die kassettenfernen Rippen ca. 2,5 mal größer dar als die kassettennahen (SANDE und TUCKER, 2004).

Herz und große Gefäße:

Der linke Vorhof bildet den kaudalen Teil des Herzschattens. Als prominente Strukturen gehen die Aorta, die Vena cava caudalis und die Pulmonalarterien und -venen von ihm aus. Unter der V. cava caudalis verbindet sich die kaudale Grenze des linken Ventrikels mit dem Schatten des Zwerchfells und bildet hier einen

strahlendurchlässigen Triangel, das sog. postkardiale Dreieck (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983).

Die Aorta stellt sich unterhalb der Brustwirbel als ein im sanften Bogen verlaufender Schatten dar. Unterhalb dieses Schattens sind die sich reiserbesenartig ausbreitenden Äste der Arteriae und Venae pulmonales sichtbar. Gefäße erscheinen als mäßig verschattete (helle) Stränge (GRUNERT und SIEGERT, 1955).

Arteriae pulmonales:

Die Pulmonalarterien steigen ventral der Bifurcatio trachea aus dem Herzschaten auf. Die paarweise anzutreffenden Arterien sind als zylindrische Weichteil-Gebilde sichtbar, die in kaudodorsaler Richtung ziehen. Die Hauptäste der Pulmonalarterien ziehen ventral der Bifurcatio nach kaudal und laufen dann in der Peripherie des Lungenfeldes aus. Sie sind kaum als einzelne Gebilde zu unterscheiden, da sie bei genauem lateralen Strahlengang häufig von anderen Gefäßen überlagert werden (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983). Das Verfolgen der weiteren Abzweige und Äste fällt schwer, da sich die Gefäße in der Peripherie verkleinern bzw. von anderen Strukturen wie dem Lungenparenchym verdeckt werden (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983; SANDE und TUCKER, 2004).

Venae pulmonales:

Die Pulmonalvenen treten als diffuse zylindrische Schatten aus dem linken Vorhof des Herzens in Höhe der sechsten bzw. siebten Rippe hervor. Sie verlaufen oberhalb der Vena cava caudalis und unterhalb der Pulmonalarterien (SANDE und TUCKER, 2004). Das venöse Abflusssystem des Herzens ist radiologisch nicht so gut darstellbar wie das arterielle System. Die Überlagerungen von Strukturen mit verschiedenen Dichten erschwert eine genaue Zuordnung der einzelnen Äste (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983).

Vena cava caudalis:

Die kaudale Hohlvene stellt sich als horizontales Weichteilgewebe zwischen dem ventralen Teil des Zwerchfells und dem hinteren Teil des Herzschatens dar. Die Eintrittsstelle in das Herz wird vom linken Vorhof überlagert (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983). Dorsal der V. cava caudalis liegen die Pulmonalarterien (SANDE und TUCKER, 2004). Ventral der kaudalen Hohlvene findet man das

postkardiale Dreieck, in dem sich Lungenparenchym darstellt (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983).

Trachea und Bronchien:

Die Trachea ist im Röntgenbild als röntgendichte und luftgefüllte Struktur sichtbar. Sie zieht horizontal über das Herz hinweg und teilt sich an dessen Basis in den rechten und linken Stammbronchus auf (OWENS, 1989). Die Bifurcatio tracheae ist von verschiedenen Strukturen eingeschlossen. Sie befindet sich unterhalb der Aorta, oberhalb der Pulmonalarterien und zwischen der fünften und sechsten Rippe (SANDERSON und O'CALLAGHAN, 1983). Bronchien sind im Röntgenbild häufig als nicht-schattengebende Gebilde vom Mediastinum überlagert, können jedoch wenn sie orthograd getroffen sind, als runde Gebilde mit zentraler Aufhellungszone identifiziert werden (MÜNZER, 1979). Bei Pferden können aufgrund der Größe im Vergleich zum Hund oder Menschen eine größere Anzahl von Strukturen dargestellt werden. So ist es zum Beispiel möglich, Bronchien bis in die vierte oder fünfte Generation zu verfolgen. Dieselben Strukturen könnten beim Hund oder beim Menschen nur im Falle von pathologischen Veränderungen dargestellt werden (SUTER und LORD, 1974).

Das Lungenparenchym:

Die gesunde Lunge stellt sich im Röntgenbild als luftgefülltes Gewebe dar, d.h. dunkel grau oder schwarz (FARROW, 1981b). Bei einer gesunden Lunge ist das Parenchym kaum zu erkennen. Es handelt sich vielmehr um die Abbildung der Lungengefäße und der großen Hauptbronchien. Das Interstitium tritt im Röntgenbild nur dann in Erscheinung, wenn es entzündlich verändert ist. Es liefert im physiologischen Zustand keinen identifizierbaren Schatten, da es aus elastischen und kollagenen Fasern besteht und von Muskelgewebe durchzogen ist (MÜNZER, 1979).

Diaphragma:

Das Zwerchfell stellt sich bei der lateralen Thoraxaufnahme als flache oder leicht konvexe Struktur dar (FARROW, 1981 b; SANDE und TUCKER, 2004). Große Teile der Lunge können nicht sichtbar gemacht werden, da sie von Teilen des Zwerchfells

und durch den Inhalt des Abdomens verdeckt werden (Mc DONALD et al., 1979; MAIR und GIBBS, 1990).

Die Lymphknoten:

BOLZ (1936) und MÜNZER (1979) vertreten beide die Meinung, dass die Lymphknoten im Mediastinum bei einem gesunden Pferd nicht erkennbar sind. In der Arbeit von MILL und PRANGE (1968) dagegen werden die Lymphknoten bei Pferd und Rind ausführlich beschrieben. Einige Bronchiallymphknoten zeichnen sich nach Ansicht der Autoren regelmäßig zwischen der sechsten und der achten Rippe in der Nähe der Bronchien als kirsch- bis walnussgroße Schatten ab. Zusätzlich sollen die Lnn. mediastinales caudales im Bereich der zehnten bis elften Rippe zwischen Aorta und Oesophagus abgebildet werden. Sie sollen den Zwerchfellsrand als halbrunde Gebilde berühren. Die Lnn. mediastinales craniales sollen nur in Ausnahmefällen in Höhe der Bifurcatio tracheae über der fünften Rippe abgebildet werden.

2.2.3 Pathologische Befunde

Einige Erkrankungen, wie z.B. Bronchitis, Alveolitis und Emphyseme, sind im Röntgenbild schlecht diagnostizierbar, so dass sie erst in einem fortgeschrittenen Stadium erkannt werden (FARROW, 1981a).

Bronchitis:

Bei dieser Erkrankung stellen sich die Bronchienwände als verdickte Strukturen dar. Orthograd getroffene Bronchien sind als ringförmige Strukturen zu sehen. Durch Entzündung verbreiterte Bronchienwände sind als parallel verlaufende weiße Linien zu erkennen, die auch als sog. Straßenbahnschienen bezeichnet werden (OWENS, 1989).

Interstitielle Pneumonie:

Die interstitielle Pneumonie stellt sich im Röntgenbild als diffuse Verdichtungen mit verwaschener Bronchialzeichnung und unscharfen Gefäßrändern dar. Es können verstreute oder schlecht begrenzte Knötchen erkennbar sein. Die Lunge ist im Röntgenbild auch generalisiert verdichtet und ohne Luftbronchogramme sichtbar (OWENS, 1989; FARROW, 1991).

Bronchopneumonie:

Bei der Bronchopneumonie entsteht ein gemischtes wolkig-fleckiges Lungenbild. Es liegt vor allem eine alveoläre Zeichnung mit multiplen, unscharf begrenzten Verdichtungen vor, die man vorwiegend in den ventralen Bereichen der Lunge findet (OWENS, 1989). Bei Patienten, bei denen sich eine Bronchopneumonie ausgebreitet hat, ist das kaudovertrale Lungenfeld am häufigsten im Röntgenbild verändert. Im Verlauf der Erkrankung ist dieser Bereich der Lunge auch der Letzte, der sich wieder normalisiert (LESTER et al., 1998).

Pleuropneumonie:

Bei der Pleuropneumonie liegt ein gemischtes Krankheitsbild vor. Im Röntgenbild ist eine Verdichtung und einen Detailverlust im ventralen Bereich des Thorax zu erkennen (FARROW, 1981c, 1991; SANDE und TUCKER, 2004). Im Gegensatz zum Pleuraerguß, bei dem bei einer großen Flüssigkeitsmenge ein Flüssigkeitsspiegel erkennbar ist, sind bei der Pleuropneumonie Verdichtungen sichtbar, die noch Luftbronchogramme erkennen lassen (FARROW, 1981c).

Pneumothorax:

Bei einem Pneumothorax stellt sich die Dorsalgrenze der Lunge als eine im Röntgenbild horizontal verlaufende Linie dar. Durch die kollabierte Lunge werden die Pulmonalgefäße und die Aorta nicht mehr von Lungengewebe überlagert und sind daher besonders gut zu erkennen (SANDE und TUCKER, 2004).

2.2.4 Röntgenologische Befunde bei abszedierender Pneumonie

Die Veränderungen bei einer abszedierenden Pneumonie sind im Röntgenbild als variable Verdichtungen sichtbar, die sich entweder lokalisiert und gut begrenzt oder lokalisiert und unscharf begrenzt darstellen. Der Abszess kann auch als eine herdförmige Verdichtung sichtbar sein, die eine röntgendurchlässige Region (so genannte Kaverne) aufweist (OWENS, 1989). Andere Autoren berichten von charakteristischen Verdichtungen, die sich bei erkrankten Fohlen oft nur als kleine, noduläre Gebilde darstellen. Dabei können die Verdichtungen des Lungengewebes einzeln oder multipel bis konfluierend vorkommen. Diese im Röntgenbild sichtbaren Veränderungen stimmen mit den pathologischen Befunden überein (FALCON et al.,

1985; RAMIREZ, 2004). Abszesse stellen sich auch als multiple, noduläre Verdichtungen, die eine Gas-Flüssigkeitstrennlinie enthalten, dar. Auch wenn verdichtete Bereiche ab einer Größe von sechs Millimetern identifizierbar sind, werden Verdichtungen mit einer Größe von zwei Zentimetern übersehen, wenn sie sich hinter der konvexen Krümmung des Zwerchfells befinden oder von anderen anatomischen Strukturen überlagert werden (FARROW, 1981a, b).

2.3 Physikalische Grundlagen der Sonographie

Die Sonographie ist ein diagnostisches Verfahren, bei dem Schallwellen über 20.000 Hertz eingesetzt werden (GIESE, 1997). Die Schallwellen werden durch einen Piezokristall im Schallkopf erzeugt, vom Gewebe in verschiedener Weise reflektiert und dann wieder vom Schallkopf aufgefangen. Dort werden sie in elektrische Impulse umgewandelt und vom Sonographiegerät nachbearbeitet, so dass ein Bild auf dem Monitor erscheint (SIEBERT, 1999). Die unterschiedliche biologische Zusammensetzung der Gewebe bedingt einen unterschiedlichen Widerstand (akustische Impedanz) der Schallwellen. Dringen diese in ein Gewebe ein, kommt es zu Brechung, Reflektion, Absorption oder Transmission an den Grenzflächen (SIEBERT, 1999). Die reflektierten Wellen werden von der Sonde als eine Reihe von Rasterpunkten aufgefangen. Die Helligkeit der einzelnen Punkte entspricht einer bestimmten Amplitude und einer bestimmten Lokalisation des aufgefangenen Echos (KREMKAU, 1993). Das Ultrasonographiegerät wandelt die elektrischen Impulse dann in ein Grauschattenbild um. Die Abstufung der Grauschatten ist von der Echostärke der aufgefangenen Ultraschallwellen abhängig (POWIS, 1986).

Die Schallköpfe oder auch Transducer erzeugen die Ultraschallwellen. In der tiermedizinischen Diagnostik werden üblicherweise Schallköpfe verwendet, die Frequenzen von 2 bis 10 MHz erzeugen (GIESE, 1997). Je nach Art der Bilddarstellung wird zwischen Sektor-, Linear- und Konvexschallkopf unterschieden (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 2001). Der Sektorschallkopf besitzt eine kleine konvexe Schallkopfspitze, die sich besonders gut für schwer zugängliche Untersuchungsgebiete eignet. Die Bilderzeugung erfolgt mit Hilfe von ein bis acht rotierenden Kristallen, die ein schmal trapezförmiges Bild produzieren. Durch die kleine Kontaktfläche entsteht der sog. Schlüssellocheffekt. Dabei werden die schallkopfnahen Strukturen oft schlechter abgebildet als die weiter entfernt liegenden

(SIEBERT, 1999). Im Linearschallkopf sind die Kristalle nebeneinander angeordnet, so dass parallel ausgerichtete Schallwellen ausgesendet werden. Es entsteht ein rechteckiges Bild, das besonders in unmittelbarer Nähe des Schallkopfes eine gute Qualität liefert. Mit dem Linearschallkopf ist jedoch eine größere Kontaktfläche notwendig als mit dem Sektorschallkopf (SIEBERT, 1999). Die Konvexsonde verbindet die Vorteile des Sektor- und des Linearschallkopfes. Die Kristalle sind nebeneinander auf einer konvexen Linie angeordnet. Es entsteht ein breites, sektorförmiges Ultraschallbild mit guter Nahfeldinformation (POULSEN-NAUTRUP und TOBIAS, 2001).

2.3.1 Sonographie der Lunge

Die Ultrasonographie wurde vor ca. 100 Jahren von den Curie-Brüdern entdeckt. Seit ca. 30 Jahren wird die Ultraschalltechnik auch in der Pferdemedizin als diagnostisches Mittel eingesetzt (REEF, 1998).

Technik der sonographischen Lungenuntersuchung:

Zur Vorbereitung der sonographischen Untersuchung der Lunge sollte das Haarkleid im Bereich des Lungenfeldes geschoren und die Haut entfettet werden. Nach Auftragen eines Ultraschallgels wird das Lungenfeld beim erwachsenen Pferd mit einer 2,7 bis 7,5 MHz-Sonde dargestellt (RANTANEN, 1981; REEF, 1998; COHEN et al., 2002; ROY und LAVOIE, 2003). Für die Untersuchung beim Fohlen wird ein 5 bis 7,5 MHz-Sektorschallkopf und eine Bildeinstellung von vier bis 12 cm Tiefe empfohlen. Die Verwendung einer Linearsonde ist ebenfalls möglich (REIMER, 1990; REEF, 1991a; REEF et al., 1991). Die Lunge des Pferdes lässt sich von beiden Seiten des Thorax unterhalb des Musculus latissimus dorsi bis zum Zwerchfell sonographisch darstellen (RANTANEN, 1981, 1986; REEF, 1991). Dabei wird durch die Interkostalmuskulatur der Zwischenrippenräume, dem sog. akustischen Fenster, gescannt (SCHWERK, 1993). Die Lunge lässt sich beim Pferd vom dritten bis zum 16. oder 17. Interkostalraum gut darstellen. Bei der Untersuchung wird dieser Raum von dorsal nach ventral abgefahren. Artefakte, die durch die Rippen entstehen können, sollten durch möglichst mittige Positionierung des Schallkopfes im Zwischenrippenraum vermieden werden (REEF, 1998).

Die Lungengrenzen werden beim Pferd wie folgt beschrieben: die kaudale Grenze bildet eine Linie zwischen dem Tuber coxae und dem 17. Interkostalraum. Eine weitere Linie verläuft zwischen dem Tuber ischiadicum und dem 15. Interkostalraum. Die Mitte des Thorax und der 13. Interkostalraum bilden eine weitere Begrenzungslinie, ebenso die Verbindung zwischen Schultergelenk und dem elften Interkostalraum. Die Verbindungslinie zwischen Ellenbogen und dem neunten Interkostalraum schließt das Lungenfeld ab. Mit Hilfe des Ultraschallgerätes lässt sich das Lungenfeld kranial bis zum vierten Interkostalraum darstellen. Auf der rechten Seite kann die Lunge noch bis zum dritten Interkostalraum gescannt werden (RANTANEN, 1981; REEF, 1991).

2.3.2 Physiologische Befunde

Grundvoraussetzung zur Befunderhebung und –interpretation von Ultraschallbildern ist, wie bei der Röntgenuntersuchung, eine genaue Kenntnis der Anatomie der zu untersuchenden Strukturen und Kenntnisse über die Grundlagen der ultrasonographischen Technik (REEF, 1998).

Die normale Pleura visceralis erscheint im Ultraschallbild als eine gerade, hyperechogene Grenzlinie. Darunter werden charakteristische, in gleichmäßigen Abständen aufeinander folgende Echos sichtbar. Diese werden als Luftartefakte oder Wiederholungsechos bezeichnet und stellen das normal belüftete periphere Lungengewebe dar (RANTANEN, 1986; REIMER, 1990; REEF, 1991a). Durch die Atmung des Pferdes gleitet die Pleura mit dem angrenzenden Parenchym durch das Bild. Dieses als Gleit-Zeichen bezeichnete Phänomen wird bei jedem gesunden Pferd atemsynchron beobachtet (MACKEY, 1983; REEF, 1991a). Bei gesunden Pferden ist entweder keine oder nur im ventralen Bereich eine geringe Menge an Pleuraflüssigkeit darstellbar. Die Flüssigkeit wird im Ultraschallbild als Ansammlung eines anechogenen Materials gesehen (RANTANEN, 1986). Das Zwerchfell wird im ventralen Bereich als eine gekrümmte, dicke, muskuläre Struktur und im kaudodorsalen Bereich als eine eher dünne, sehnige Struktur wahrgenommen. Unterhalb des Diaphragmas lassen sich Teile der Leber und der Milz darstellen (RANTANEN, 1986; REEF, 1991a).

2.3.3 Pathologische Befunde

Bei einem Hämothorax stellt sich das Blut hypoechogen bis echogen mit schwirrenden Strukturen dar. Ein Hämothorax unterscheidet sich vom Pyothorax durch die mehr homogene Struktur der Flüssigkeit (REIMER, 1990).

Das Exsudat bei einem Pyothorax ist echogener und kann bei einer Infektion mit Anaerobiern auch Gasblasen enthalten. Dabei stellen sich die Gasblasen als extrem helle, schmale Partikel dar, die im Pleuraerguss gefangen sein können (ROY und LAVOIE, 2003). Fibrin hat einen filamentösen Charakter, ist hypoechogen und die Figuren oder hellen Stränge sind meistens mit der Pleura verbunden (MAIR und SWEENEY, 1992; ROY und LAVOIE, 2003).

Pathologische Befunde des Lungenparenchyms:

Verdichtungen:

Wenn Luft in den Alveolen durch Flüssigkeit ersetzt ist, so sind diese Veränderungen mittels sonographischer Untersuchung detektierbar (KING et al., 1981; REIMER, 1990; REEF, 1991). Nicht belüftete oder konsolidierte Teile der Lunge, die sich pleuranah in der Lunge befinden, stellen sich im Ultraschallbild als verschiedenartige graue, hypoechogene Schatten dar (ROY und LAVOIE, 2003). Mit der beginnenden Veränderung im Lungengewebe sind diese im Schallbild nur als eine Grube oder eine Unregelmäßigkeit in der Pleura viszeralis bzw. an der Oberfläche des Lungengewebes sichtbar. Diese unspezifische Veränderung entsteht als eine Folge der ungleichmäßigen Belüftung der peripheren Teile der Lunge (RANTANEN, 1986; REEF, 1991). Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche der Lunge werden als Kometenschweif-Artefakte sichtbar (ROY und LAVOIE, 2003). Diese Artefakte gehen von stecknadelkopf-großen, nicht belüfteten Arealen aus, die durch die Ansammlung von Exsudaten, wie z.B. Blut, Mukus, Ödemflüssigkeit, Tumorzellen, entstehen (ROY und LAVOIE, 2003). Kometenschweifechos können bei folgenden Erkrankungen festgestellt werden: Alveolitis, Pneumonie, Pleuritis, Lungenbluten, Lungenödem, Bronchitis, chronisch obstruktive Bronchitis, granulomatöse oder neoplastische Erkrankungen sowie Narben vorangegangene Pleuropneumonien. Im Ultraschallbild wechseln sich die hypoechogenen Bereiche dann mit normalen Echos des Lungenparenchyms ab (REIMER, 1990; REEF, 1991a; VENNEN, 2003). Dabei ist die Detektion von normalen anatomischen Strukturen in der hypoechogenen Lunge

bei der Unterscheidung zwischen Pleuraerguß, Konsolidierung und Lungenabszess essentiell (REIMER, 1990; REEF, 1991). Die Diagnose von konsolidiertem Lungenparenchym basiert auf der Grundlage, dass hypoechogenes Lungengewebe neben Bildern der normalen, charakteristischen Lungenstrukturen (wie sonographischen Luftbronchogrammen, Flüssigkeitsbronchogrammen, Lungengefäßen oder verstreuten Echos) die durch Restluft in den konsolidierten Bereichen entstehen, detektiert werden kann (RANTANEN, 1986; REIMER, 1990; REEF, 1991). Konsolidierungen der Lunge werden beim Pferd häufiger und in ihrer Ausprägung schwerer im kranioventralen Bereich der rechten Lunge gefunden (RANTANEN, 1986; REIMER, 1990; REEF, 1991). Des Weiteren zeigen sich Nekrosen oder Flüssigkeitsansammlungen mittels Sonographie als anechogene Strukturen. Eine Hepatisation der Lunge stellt sich als homogene, leberartige Struktur dorsal des Zwerchfells dar (REIMER, 1990; REEF 1991a).

Kompressionsatelektasen:

Kompressionsatelektasen entstehen, wenn in der Brusthöhle Luft, Flüssigkeit oder Eingeweide den Raum der Lunge einnehmen und das Lungenparenchym komprimiert wird (RANTANEN et al., 1981). Die komprimierte Lunge fällt zusammen und kleinere Luftwege werden nicht mehr belüftet. Diese Areale sind deshalb schallleitend und erscheinen im Ultraschallbild hypoechogen. Sie weisen also das Bild von Weichteilgewebe auf (REIMER, 1990). Die gesunde Lunge, die durch Luft oder Flüssigkeit komprimiert wird, ist leichter als die Stoffe, die den Brustraum einnehmen. Daraus ergibt sich ein Bild, das im ventralen Bereich des Thorax Luft oder Flüssigkeit und dorsal davon das physiologische Lungengewebe erkennen lässt (REIMER, 1990; REEF 1991).

2.3.4 Sonographische Befunde bei abszedierender Pneumonie

Lungenabszesse sind im Ultraschallbild an ihrem charakteristischen anechogenen Hohlraum zu erkennen, der von der Pleura ausgehend verschieden weit in das Lungengewebe hineinragt. Die Abszesskapsel ist als eine hyperechogene Grenzlinie zum benachbarten normal belüfteten Lungengewebe zu erkennen (REIMER, 1990; REEF 1991a; REEF, 1991). Lungenabszesse werden beim Fohlen häufig im kranioventralen Bereich aber auch in der Lungenperipherie gefunden und lassen

sich, wenn sie sich in pleuranähe befinden, mittels Ultraschall darstellen (REIMER, 1990; REEF, 1991a; ALTHAUS, 2004). Über die Verteilung der Lungenabszesse bei Fohlen sind uneinheitliche Angaben zu finden. Einige Autoren erkennen sie häufiger in der rechten Lunge (REEF, 1990). In einer Studie an 149 Fohlen mit Lungenabszessen wurde kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Abszesse auf jeder Thoraxseite ermittelt (ALTHAUS, 2004). Abszedierende Pneumonien stellen sich im Ultraschallbild als schallleitende anechogene Bezirke ohne Luft- und Flüssigkeits- Bronchogramme dar. Die Abszesse können ein verstärktes akustisches Echo im Wandbereich aufweisen, wenn sie von einer fibrösen Kapsel umgeben sind. Der belüftete Lungenbezirk unterhalb der Veränderung erzeugt ebenfalls ein verstärktes akustisches Signal im Ultraschallbild (REIMER, 1990; REEF, 1991 und 1991 a). Die Abszesse können sich auch um einen Bronchus herum bilden (RANTANEN 1986; REIMER 1990; REEF, 1991a). Ein Teil eines gesunden Bronchus ragt dann in die anechogene Struktur des Abszesses hinein. Des weiteren kann sich verschiedenartiges Exsudat im Abszess befinden. Bei der Schichtung innerhalb der Abszesskapsel befindet sich die Gasansammlung im dorsalen Bereich des Abszesses. Diese kann vom Untersucher als hyperechogenes Material wahrgenommen werden. Freies Gas im Abszess erscheint im Vergleich zu Gasansammlungen in der Pleura als stationär oder feststehend. Eine solche Gasansammlung ist immer ein Hinweis auf eine anaerobe Infektion (REIMER et al., 1989). Flüssigkeit, die als hypoechogene Masse wahrgenommen wird, stellt sich meistens im mittleren Teil des Abszesses dar. Das schwerste Material, das aus Zelldetritus besteht und somit auch im Ultraschall am meisten echogen ist, lagert sich ventral ab (REEF, 1990; REIMER, 1990). Des weiteren wird eine Taschenbildung oder Kompartimentierung des Abszesses beschrieben (RANTANEN, 1986; REIMER, 1990; REEF 1991a).

Pleuraabszesse ohne Beteiligung des Lungenparenchyms sind beim Pferd selten. Sie werden als dickwandige Strukturen beschrieben, die von Pleuraflüssigkeit umgeben sind (MACKEY, 1983).

Lungenhämatome sind beim Pferd ebenfalls selten. Sie erscheinen im Ultraschall wie Abszesse, unterscheiden sich jedoch durch ihre vermehrte echogene Struktur im Inneren des Hohlraumes. Diese erhöhte akustische Impedanz entsteht durch die beginnende Organisation des Blutgerinnsels (REEF, 1998).

Ziel der Studie:

In der vorliegenden Studie soll der diagnostische Wert der sonographischen und röntgenologischen Lungenuntersuchung bei der abszedierenden Pneumonie des Fohlens ermittelt werden. Bei einem Fohlen mit klinischem oder labordiagnostischem Verdacht auf eine abszedierende Pneumonie werden nicht invasive diagnostische Verfahren, wie Sonographie und Röntgen, der Endoskopie und dem Erregernachweis aus dem Tracheobronchialsekret vorgezogen. Bisher liegt lediglich eine Studie vor, die Befunde der Ultraschalluntersuchung mit denen der Röntgenuntersuchung des Thorax an einer relativ kleinen Anzahl an Fohlen (n=17) mit Lungenabszessen vergleicht (RAMIREZ et al., 2004). Dabei schlussfolgerten die Autoren, dass die Sonographie zur Erkennung von Lungenabszessen eine gute Alternative zur Röntgenuntersuchung darstellt. Diese Darstellung soll hier geprüft werden. Dabei soll sowohl die Sensitivität als auch die Praktikabilität der einzelnen diagnostischen Methoden berücksichtigt werden.

3 Material und Methode

3.1 Probanden

In der Zeit von Anfang April bis Ende Juli 2005 wurden auf einem Warmblutgestüt in Norddeutschland insgesamt 65 Fohlen im Rahmen der vorliegenden Studie untersucht.

Die Fohlen waren zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Studie zwischen acht und 148 Tage alt. Insgesamt wurden 32 Hengstfohlen und 33 Stutfohlen untersucht.

3.1.1 Allgemeine Haltungs- und Aufzuchtbedingungen

Die Untersuchung erfolgte in einem Bestand, in dem 700 Stuten mit Fohlen bei Fuß gehalten wurden. Die Stuten wurden regelmäßig, zweimal jährlich, gegen Influenza und gegen das Equine Herpesvirus 1 und 4 geimpft. Alle zwei Jahre erfolgte eine Vakzinierung gegen Tetanus. Des Weiteren wurden die Stuten regelmäßig entwurmt. Bei allen Fohlen des Bestandes wurde alle 14 Tage bzw. im Verdachtsfall auf eine Pneumonie einmal in der Woche eine Allgemeinuntersuchung mit Blutentnahme zur Leukozytenbestimmung durchgeführt. Eine Entwurmung der Fohlen erfolgte am zehnten Lebenstag und im Laufe der Aufzucht alle vier Wochen.

3.1.2 Gruppeneinteilung der Probanden

Zur Ermittlung des diagnostischen Wertes von Sonographie und Röntgenuntersuchung der Lunge bei Fohlen mit abszedierender Pneumonie wurden die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt. Lungengesunde Fohlen wurden in **Gruppe 1** und solche, die an einer abszedierenden Pneumonie litten und/ oder durch respiratorische Befunde und/ oder durch einen hohen Leukozytenwert auffällig wurden, in **Gruppe 2** eingeteilt. In den folgenden Abschnitten werden die Bedingungen für die Aufnahme in die Studie dargestellt.

Lungengesunde Fohlen bzw. Kontrollgruppe (Gruppe 1):

Als klinisch lungengesund galten Fohlen:

- mit einem ungestörten Allgemeinbefinden,

- mit einem Blutleukozytenwert unter 13.000 Leukozyten pro μl ,
- die bei der speziellen Untersuchung der Atemwege unauffällig waren,
- bei denen bei der sonographischen Untersuchung keine Anzeichen einer Pneumonie festgestellt wurden.

Diese Gruppe umfasste insgesamt 19 Fohlen.

Lungenkranke Fohlen (Gruppe 2):

Die kranken Fohlen zeigten:

- ein gestörtes Allgemeinbefinden und/ oder
- ein Blut-Leukozytenwert über 13.000 Leukozyten pro μl und/ oder
- einen Befund bei der klinischen Lungenuntersuchung und
- Befunde bei der ultrasonographischen Untersuchung, die auf eine abszedierende Pneumonie hinwiesen.

Es wurden insgesamt 46 kranke Fohlen in die Studie einbezogen. Die Patienten wurden mit Ausnahme von sechs Fohlen einmalig, wie oben beschrieben, untersucht. Zwei Fohlen, die zuvor in die Kontrollgruppe aufgenommen wurden, erkrankten später im Verlauf der Studie und wurden dann der Gruppe 2 zugeordnet. Bei vier weiteren Fohlen lagen keine eindeutigen Befunde bei der sonographischen Lungenuntersuchung vor, oder sie wurden mit Rifampicin und Tulathromycin therapiert, zeigten jedoch keine Besserung und wurden dann erneut untersucht. Die Untersuchungsergebnisse dieser vier Fohlen gingen somit zwei Mal in die Auswertung ein.

3.2 Untersuchung der Probanden

Bei allen Fohlen des Gestüts erfolgte von der Geburt bis zu einem Alter von sechs Monaten alle 14 Tage eine Allgemeinuntersuchung, eine klinische Lungenuntersuchung und eine Blutentnahme zur Bestimmung der Blutleukozytenzahl. Bei Auftreten eines der in Abschnitt 3.1.2 erläuterten Symptome wurde bei den Fohlen eine Ultraschalluntersuchung des Thorax durchgeführt. Aufgrund der Befunde dieser Untersuchung erfolgte die Aufnahme in die Studie und die Zuordnung entweder in die Gruppe der kranken oder in die der gesunden Fohlen.

3.2.1 Allgemeinuntersuchung und spezielle Untersuchung des Respirationstraktes

Bei der Allgemeinuntersuchung wurde das Verhalten, die Haltung und der klinische Gesamteindruck der Fohlen beurteilt und die Körperinnentemperatur rektal gemessen. Zusätzlich erfolgte eine klinische Untersuchung des Nabels und der Gelenke.

Zur Bestimmung der Leukozytenzahl im Blut wurde eine der beiden Venae jugulares externae mit einer Kanüle (0,9 x 40 mm; Sterican[®], B. Braun, Melsungen) punktiert und das Blut in einem mit EDTA beschichteten Proberöhrchen (EDTA K, Sarstedt, Nürmbrecht) aufgefangen. Mit Hilfe eines automatischen Hämatologie-Analysators (Sysmex KX-21N, Sysmex, Kobe, Japan) wurde die Zahl der Blutleukozyten nach dem Widerstandsmessprinzip bestimmt.

Die spezielle Untersuchung des Respirationstraktes beinhaltete die Beurteilung von Nasenausfluss, Husten sowie Konsistenz und Größe der Mandibularlymphknoten. Des weiteren erfolgte die auskultatorische Beurteilung der Atemgeräusche von Trachea und Lunge. Die Auskultation der Lunge wurde auf beiden Seiten des Thorax an drei verschiedenen Punkten durchgeführt: kranio-ventral, zentral und kaudodorsal. Sowohl die Trachea als auch die verschiedenen Lungenfelder wurden während mindestens zwei Atemzyklen auskultiert und evtl. pathologische Geräusche (Rasseln, Giemen) beurteilt.

Jeder Untersuchungsschritt der Allgemeinuntersuchung wurde mit einem Punktesystem bewertet (siehe Tab. 1). Die Summe der Punkte ergab den „klinischen Score“, als Maß für den Schweregrad der klinischen respiratorischen Symptome (nach OHNESORGE et al., 1998). Fohlen mit einem Gesamtscore von 0 bis 1 wurden als gesund eingestuft. Fohlen mit einem klinischen Score von 2 bis 3 wurden als geringgradig, mit 4 bis 6 Punkten als mittelgradig und mit einem Score von über 7 als hochgradig erkrankt beurteilt.

Tab. 1: Klinischer Score zur Beurteilung des Schweregrads der klinischen respiratorischen Symptome (nach Ohnesorge et al., 1998)

| Merkmal | Befund | Punktzahl |
|-------------------------|---|------------------|
| Atemfrequenz | < 80 | 0 |
| | > 80 | 1 |
| Nasenausfluss | nein | 0 |
| | serös, seromukös | 1 |
| | purulent | 2 |
| Hustenauslösung | nicht auslösbar | 0 |
| | mehrfach | 1 |
| | spontan | 2 |
| Lnn. mandibulares | o.b.B | 0 |
| | vergrößert | 1 |
| Ruhedyspnoe | nein | 0 |
| | Einsinken der Interkostalräume oder/und Nüsternblähen | 3 |
| Lungenauskultation | Vesikulär, vesikulär verschärft | 0 |
| | Rasseln, Knistern, Giemen | 2 |
| Tracheaauskultation | o.b.B. | 0 |
| | Rasseln | 2 |
| klinischer Score | | 0 - 13 |

3.2.2 Sonographische Untersuchung

Die sonographische Untersuchung der Lunge wurde mit einem akkubetriebenen, tragbaren Ultraschallgerät („Sonovet 2000“, Kretztechnik AG, Tiefenbach, Österreich) und einem Linearschallkopf (LV5-9AD von Sono Ace, Osteosys Co, Seoul, Korea), der auf eine Frequenz von 7,5 MHz eingestellt war, durchgeführt. Der Schallkopf wies eine Länge von 6,5 cm und eine Breite von 1,7 cm auf.

Zur Vorbereitung der sonographischen Untersuchung wurde das Haarkleid im Bereich des Lungenfeldes mit einer Schermaschine (Equi Clip Akku, Lister, Lüdenscheid) geschoren. Anschließend wurde der Bereich mit Alkohol (Propanollösung 50%) entfettet und dort ein Transmissionsgel (BLR Sonic Ultraschallgel, Diagonal, Waldeck, Münster) aufgetragen.

Während der Untersuchung wurden die Fohlen im Stehen von einer Person fixiert. Das Untersuchungsfeld wurde beidseits dorsal von der Stammuskulatur (M. longissimus dorsi), kranial durch die Schultermuskulatur (M. triceps brachii und M. tensor fasciae antebrachii) und ventral durch das Sternum bzw. durch das

Diaphragma begrenzt. Während der Untersuchung wurden alle Interkostalräume vom vierten bis zum zwölften von dorsal nach ventral sonographisch untersucht. Jeder Interkostalraum wurde dabei zusätzlich in drei vertikal verlaufende Felder, a (dorsal), b (mittig) und c (ventral), unterteilt. Somit ergaben sich insgesamt 27 einzelne Lungenfelder, die auf der rechten und auf der linken Lungenseite sonographisch befundet werden konnten. Die Befunde wurden schriftlich auf dem im Anhang (9.1) angefügten Untersuchungsprotokoll dokumentiert. Lungenabszesse und pneumonisch veränderte Bereiche der Lunge wurden auf dem Datenträger des Ultraschallgerätes gespeichert. Später wurde das Bild im JPEG-Format gespeichert und die Anzahl und der Durchmesser der Lungenabszesse ermittelt.

3.2.3 Befunderhebung der sonographischen Untersuchung

Auswertung sonographischer Befunde:

Die gespeicherten Bilder der ultrasonographischen Untersuchung wurden später mit Hilfe des folgenden Zahlencodes ausgewertet:

Die Ziffer Null wurde für einen physiologischen Lungenabschnitt vergeben. Dabei stellte sich die Pleura visceralis als gerade hyperechogene Grenzlinie dar, die schallkopffern als charakteristisches Wiederholungsecho mehrfach in gleichmäßigen Abständen auftrat.

Mit Eins wurden ein bis zwei Kometenschweifechos gekennzeichnet. Diese entstehen bei oberflächlichen Veränderungen der Pleura oder durch kleine thoraxwandnahe Areale der Lunge, die unbelüftet und durch Ansammlungen von Exsudaten (z.B. Blut, Mukus, Ödemflüssigkeit, Tumorzellen oder Residuen vorangegangener Pneumonien oder Pleuritiden) entstanden sind (ROY und LAVOIE, 2003). Kometenschweifechos sind im Ultraschallbild als verschiedenartige graue, hypoechogene Streifen erkennbar (siehe Abb. 1)

Mit Zwei wurden drei bis vier Kometenschweifechos und mit Drei eine Verdichtung oder sog. Konsolidierung des Lungengewebes gekennzeichnet. Die veränderte Lunge stellt sich dabei als inhomogene hyperechogene Struktur dar. Das Fehlen der typischen Luftartefakte wie bei der gesunden Lunge ist durch den Ersatz der Luft in den Alveolen durch Flüssigkeit oder anderes Material begründet.

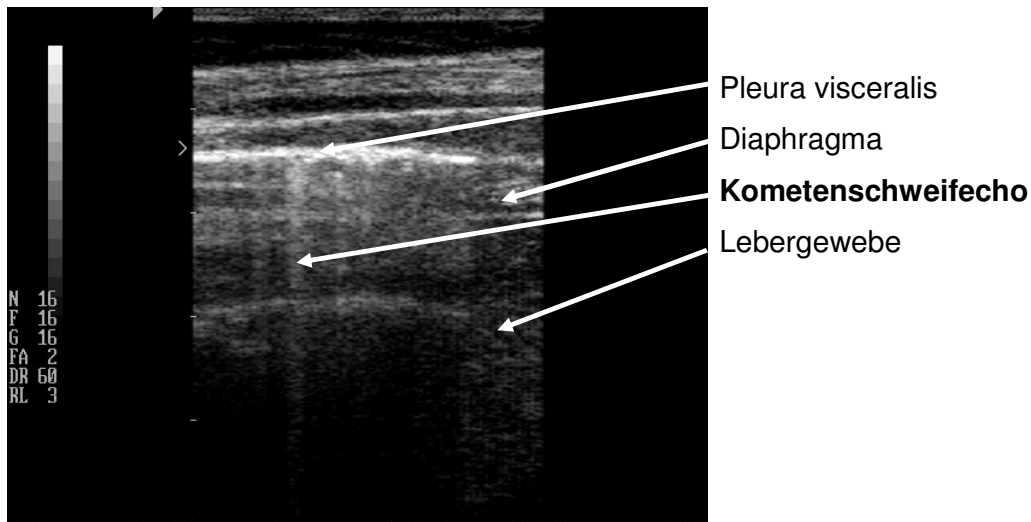


Abb. 1: Ultraschallbild eines Kometenschweifechos

Für jede Thoraxseite wurde die Summe der Kometenschweifartefakte erfasst und bewertet. Durch Addition der Zahlenwerte (0-3) wurde, zusätzlich zur Erfassung der Lungenabszesse, der Grad der Erkrankung des Lungenparenchyms eingeschätzt.

Anechogene abgegrenzte Bereiche, die pleuranah lagen und deren Durchmesser kleiner als 10 mm war, wurden als pneumonische Veränderungen diagnostiziert (siehe Abb. 2).

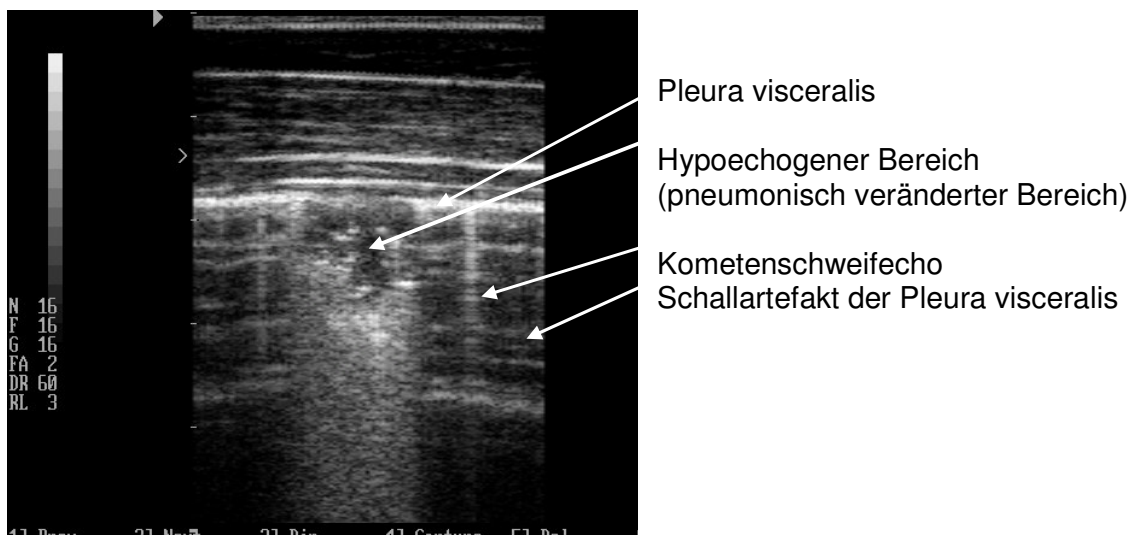


Abb. 2: Ultraschallbild eines pleuranahen pneumonisch veränderten Bereiches

Als Lungenabszess wurde eine runde bis ovale anechogene Struktur bezeichnet, die von der Pleura ausgehend mindestens 10 mm oder tiefer in das Gewebe hineinreichte (siehe Abb. 3). Dabei konnte ein charakteristischer Hohlraum erkannt werden, der sich z. T. durch eine hypoechogene Grenze deutlich vom normalen Lungengewebe absetzte.

Für die Auswertung der sonographischen Befunde wurde die Anzahl der diagnostizierten Lungenabszesse und deren Lokalisation mit Hilfe der Koordinaten des Lungenfeldes angegeben (Nummer des Interkostalraumes und die dorso-ventrale Ausrichtung des Befundes siehe 3.2.2.). So konnten die sonographischen Befunde mit den Ergebnissen der röntgenologischen Untersuchung verglichen werden. Bei Ausdehnung eines Abszesses über zwei horizontale Felder des Koordinatensystems, wurde die kraniale und bei Ausdehnung über zwei vertikale Felder wurde die mittlere Koordinate (B) erfasst.

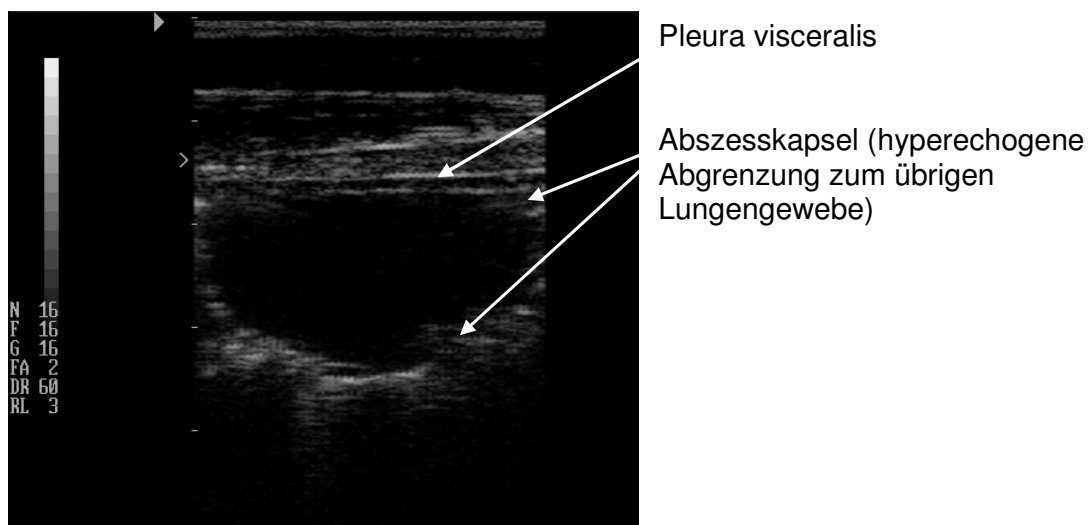


Abb. 3: Ultraschallbild eines Lungenabszesses

3.2.4 Röntgenologische Untersuchung

Für die röntgenologische Untersuchung der Lunge, wurden Fohlen und Stute in einen speziell dafür vorgesehenen 4 x 8m großen Raum verbracht, der mit einem Zwangsstand für die Stute und einer Vorrichtung zur Befestigung der Röntgenkassette an der Wand ausgestattet war.

Zur Lokalisation der Röntgenbefunde, wurde den Fohlen ein 40 mm langer und 5 mm breiter zylindrischer röntgendichter Marker (Ikea, Schweden) senkrecht auf das Fell

über der rechten 10. Rippe und ein weiterer Marker auf das Fell über der linken 11. Rippe geklebt.

Die 30 x 40 cm große Röntgenkassette (Life Ray™, Medium, Ferrania, Imaging Technologies, USA, IEC 406, DIN 6832, Pb 0,10) wurde an zwei höhenverstellbaren Metallschienen an der Wand aufgehängt. Die Kassette war mit einer medium Film-Folien-Kombination (Intensifying Screens, Ferrania, USA) mit einer Empfindlichkeit von 200 ausgestattet. Bei den verwendeten Filmen handelte es sich um orthochromatische Filme der Firma Ferrania (USA, CN 01, 100 NIF). Die Röntgenbilder wurden mit einem mobilen Röntgengerät (HF 90/20, Gierth, Riesa) angefertigt.

Die Fohlen wurden im Stehen im latero-lateralen Strahlengang von beiden Seiten geröntgt. Das Seitenzeichen, das auf der Kassette in der oberen rechten bzw. oberen linken Bildecke angebracht wurde, kennzeichnete die Thoraxseite, die der Röntgenkassette zugewandt war. Während der Untersuchung wurde das Fohlen von einem Helfer am Kopf und von einem anderen im Bereich der Hinterhand fixiert und so platziert, dass die Kassette den gesamten Lungenbereich abdeckte. Der Zentralstrahl wurde eine handbreit kaudal der Tricepsmuskulatur und auf die Mittellinie des Thorax ausgerichtet. Der Film-Focus-Abstand betrug 0,8 Meter. Die angewandten Strahlenwerte variierten je nach Größe und Gewicht des Fohlens von 72 bis 84 kV und 0,1 bis 0,05 mAs. Zur Einstellung der optimalen Belichtungszeiten wurde bei den Fohlen die Körpergröße am höchsten Punkt des Widerristes bestimmt und das Gewicht geschätzt. Die belichteten Filme wurden anschließend in einem automatischen Entwicklungssystem (Kodak, 1135 X-OMAT Processor, USA) entwickelt.

3.2.5 Befunderhebung der Röntgenaufnahmen

Auswertung radiologischer Befunde:

Von mehreren Röntgenbildern, die von jedem Fohlen angefertigt wurden, wurde für jedes Fohlen das qualitativ beste jeder Seite von zwei Betrachtern ausgewählt.

Die Befundung der Röntgenbilder erfolgte durch drei Betrachter, die die Bilder unabhängig voneinander anhand eines speziellen dafür ausgearbeiteten Protokolls (siehe Anhang 9.1) beurteilten. Die Befundung der Röntgenbilder wurde von einer

Radiologin der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin, dem Lehrstuhlinhaber für Bildgebende Diagnostik und einer radiologisch erfahrenen wissenschaftlichen Mitarbeiterin der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, vorgenommen. Die Röntgenbilder wurden an einem Bildbetrachter der entsprechenden klinischen Einrichtung angebracht und jeweils mit einem Abstand (Film-Betrachter) von 30 bis 100 cm beurteilt. Bei der Beurteilung der Bilder war die Nummer des Probanden und die Seitenbezeichnung bekannt. Weitere Angaben über den Vorbericht oder die Zugehörigkeit zu einer Gruppe sowie die Ergebnisse der sonographischen Untersuchung waren den Betrachtern während der Befunderhebung nicht bekannt. Die Beurteilung eines jeden Bildes erfolgte anhand der folgenden Parameter.

1. Bildqualität

Für die Beurteilung der Bildqualität wurden Bewegungsunschärfe, Detailerkennung, Kontrast und Helligkeit bewertet. Diese Kriterien wurden zusammengefasst und ergaben einen Gesamteindruck der Bildqualität, der als gut, ausreichend oder mäßig bewertet wurde.

2. Beurteilung der Lunge

Bei verstärkten Bronchienwänden im Röntgenbild, die sich im Querschnitt ringförmig und/ oder dabei im kaudodorsalen Lungenbereich als parallel verlaufende weiße Linien (sog. Straßenbahnschienen-Phänomen) darstellten, wurde eine Bronchitis diagnostiziert.

Eine diffuse Lungenverdichtung, eine verwaschene Bronchienzeichnung, unscharfe Gefäßränder sowie verstreute, schlecht begrenzte Knötchen kennzeichnen dagegen eine interstitielle Pneumonie.

Eine Bronchopneumonie wurde diagnostiziert, wenn ein gemischtes Lungenbild mit vorwiegend alveolärer Zeichnung vorlag und multiple, unscharf begrenzte Verdichtungen überwiegend in den ventralen Lungenbezirken, sichtbar waren. Luftbronchogramme sind dabei luftgefüllte Atemwege, die röntgenstrahlendurchlässig sind, aber in einem verdichteten Lungenareal verlaufen.

Röntgenologische Befunde von Lungenabszessen:

Multiple, gut oder unscharf begrenzte oder einzelne herdförmige, kavernenartige Verschattungen wurden als Lungenabszesse gedeutet.

Die Lokalisationen der Abszesse wurden in das Koordinatensystem (siehe S. 42) eingetragen. Dabei wurde das Lungenfeld in die Interkostalräume (4. bis 15.) und über drei dorso-ventrale Felder (a dorsal, b Mitte und c ventral) unterteilt. Bei Ausdehnungen eines Lungenabszesses über zwei horizontale Koordinaten, wurde die kraniale und bei Ausdehnung über zwei vertikale Koordinaten, wurde die mittlere Koordinate (b) angegeben.

3.3 Statistische Auswertung

Die folgenden Auswertungen wurden mit dem Programmpaket STATISTICA der Firma StatSoft, Inc., Tulsa, USA durchgeführt (StatSoft, Inc.; STATISTICA für Windows).

Folgende Parameter wurden statistisch ausgewertet:

1. Vergleich von Alter, Größe, Körpergewicht, klinischem Score und Leukozytenkonzentration bei gesunden (Gruppe 1) und erkrankten Fohlen (Gruppe 2).
2. Korrelation zwischen dem Körpergewicht der Fohlen und der Röhrenspannung zur Erstellung des Röntgenbildes der Lunge.

Korrelation zwischen dem Körpergewicht und der angewandten Röhrenspannung

Für die Ermittlung des Zusammenhanges zwischen dem Gewicht und der Röhrenspannung (kV) wurde der Spearmansche Korrelationskoeffizient (R) berechnet. Dabei ist R ein Maß für die Deutlichkeit des Zusammenhangs zwischen den Stichproben.

Übereinstimmung der Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Um die diagnostische Aussage der drei Betrachter bei der Beurteilung der Röntgenbilder abzustimmen, wurde ein Lungenabszess als gesicherte Diagnose angenommen, wenn dieser von mindestens zwei der drei Betrachter an einer bestimmten Lokalisation angegeben wurde. Dabei konnte die Lokalisation um einen

Interkostalraum oder um eine Koordinate in der dorso-ventralen Ausrichtung variieren.

Bei der Auswertung der Lungenabszesse bei der röntgenologischen Untersuchung wurde die Angabe der Thoraxseite nicht berücksichtigt.

Untersuchungen zur Übereinstimmung der röntgenologischen und sonographischen Befunde eines Lungenabszesses

Um die beiden diagnostischen Methoden zu vergleichen, wurden die Lokalisationen der Lungenabszesse der sonographischen Untersuchung mit denen der röntgenologischen Untersuchung verglichen. Bei der Prüfung der Übereinstimmung wurde ein Abszess als gesicherte röntgenologische Diagnose angenommen, wenn dieser von mindestens zwei der drei Betrachter an der gleichen Lokalisation angegeben wurde. Bei der Überprüfung der Übereinstimmung der beiden bildgebenden Untersuchungsverfahren wurde eine Abweichung der Koordinatenpunkte um einen Interkostalraum bzw. um einen Koordinatenpunkt in der dorso-ventralen Ausrichtung toleriert.

4 Ergebnisse

Es wurden 19 gesunde Fohlen (Gruppe 1) und 46 kranke Fohlen (Gruppe 2) in die Studie einbezogen.

4.1 Allgemeine Angaben

Das Durchschnittsalter aller 65 Fohlen lag zum Zeitpunkt der sonographischen und röntgenologischen Untersuchung bei 74 Tagen (± 30). Das durchschnittliche Stockmaß aller Fohlen betrug 1,23 Meter ($\pm 0,07$). Die Probanden hatten im Mittel ein geschätztes Gewicht von 139 Kilogramm (± 24). Das mittlere Alter, die Geschlechterverteilung sowie die Größe und das Gewicht in den einzelnen Gruppen sind der Tab. 2 zu entnehmen. Die Einzelwerte sind der Tabelle des Anhangs 9.3 zu entnehmen.

Tab. 2: Anzahl, Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht der Fohlen zum Zeitpunkt der Untersuchung

| Status | Anzahl der Fohlen | Geschlecht | | Alter [d] Mittelwert \pm SD | Größe [m] Mittelwert \pm SD | Gewicht [kg] Mittelwert \pm SD |
|--|-------------------------|------------|----|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | H | St | | | |
| Gesunde Fohlen (Gruppe 1) | 19 | 7 | 12 | 58 \pm 31 | 1,21 \pm 0,08 | 136 \pm 27 |
| Kranke Fohlen (Gruppe 2) | 46 | 25 | 21 | 80 \pm 27 | 1,24 \pm 0,07 | 140 \pm 23 |

Legende: H= Hengste; St= Stuten; d= Tage; m= Meter; kg= Kilogramm;

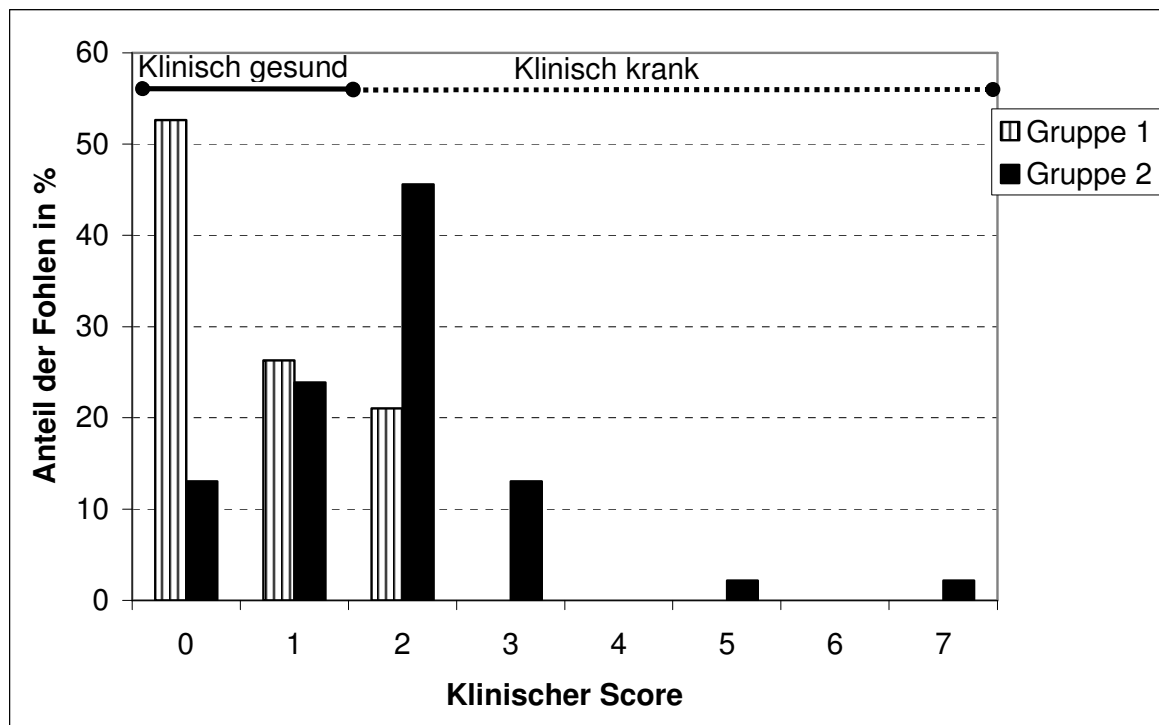
SD= Standardabweichung

4.2 Befunde der klinischen Untersuchung am Tag der Diagnose

Klinischer Score:

Der klinische Lungenstatus wurde mit Hilfe des klinischen Scores erfasst. Bei den gesunden Fohlen (**Gruppe 1; n= 19**) lagen die Werte des klinischen Scores zwischen 0 und 2 und im Mittel bei 0,68 ($\pm 0,82$).

Die auf der Basis der klinischen Untersuchung und der weiterführenden Diagnostik als krank ermittelten Fohlen (**Gruppe 2; n= 46**) wiesen Scorewerte zwischen 0 und 7 auf. Daraus ergab sich ein Mittelwert von 1,78 ($\pm 1,30$). Erst ab einem Score von 2 galten die Fohlen als klinisch geringgradig erkrankt. In diese Gruppe wurden immerhin 17 Fohlen mit einem klinischen Score von 0 bis 1 aufgenommen. Diese Fohlen fielen durch einen erhöhten Leukozytenwert auf oder hatten Lungenabszesse bei der sonographischen Untersuchung des Thorax. In Abb. 4 ist der klinische Score für gesunde und kranke Fohlen aufgeführt. Die Einzelwerte für jedes Tier sind der Tabelle im Anhang 9.3 zu entnehmen.



Legende: Gruppe 1: Fohlen ohne sonographische Befunde; Gruppe 2: Fohlen mit sonographischen Befunden

Abb. 4: Klinischer Score bei den Fohlen ohne sonographische Befunde (Gruppe 1; n=19) und der Fohlen mit sonographisch diagnostizierten Lungenabszessen (Gruppe 2; n=46)

Leukozytenkonzentration im Blut:

Die gesunden Fohlen (**Gruppe 1**) wiesen **4.300** bis **12.700** Leukozyten pro μl Blut auf. Im Mittel wurden **8.994 (\pm 2.682)** Leukozyten pro μl Blut bei diesen Fohlen gezählt.

Die kranken Fohlen (**Gruppe 2**) wiesen zwischen **8.900** und **30.700** Leukozyten pro μl Blut, mit einem Mittelwert von **16.139 (\pm 4.532)** Leukozyten pro μl Blut auf (Einzelwerte siehe Tabelle im Anhang 9.3).

4.3 Ergebnisse der endoskopischen Untersuchung

Eine mikrobiologische Untersuchung des Tracheobronchialsekretes wurde bei insgesamt **24** der kranken Fohlen (**Gruppe 2**) durchgeführt. Dabei wurde bei **fünf** Fohlen *Rhodococcus equi*, bei **acht** Fohlen *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* und bei **elf** Fohlen sowohl *R. equi* als auch *Strep. equi* subsp. *zooepidemicus* nachgewiesen.

4.4 Befunde der sonographischen Untersuchung

Im Rahmen der ultrasonographischen Lungenuntersuchung wurden die Anzahl der Kometenschweifechos sowie die Anzahl und die Lokalisation der Lungenabszesse evaluiert.

4.4.1 Anzahl der Kometenschweifechos

Die gesunden Fohlen (**Gruppe 1**) wiesen zwischen vier und 21 und im Mittel in der linken sowie in der rechten Lunge **11 (\pm 5)** Kometenschweifechos auf. Die kranken Fohlen (**Gruppe 2**) hatten zwischen neun und 51 und durchschnittlich in der linken Lunge **22 (\pm 9)** und in der rechten Lunge **20 (\pm 10)** Kometenschweifechos.

4.4.2 Anzahl der pneumonischen Veränderungen

20 der **46** untersuchten lungenkranken Fohlen (**Gruppe 2**) wiesen zwischen einer und sieben pneumonischen Veränderungen bei der sonographischen Untersuchung auf. Insgesamt wurden bei den betroffenen Fohlen **40** pneumonisch veränderte

Bereiche diagnostiziert. Durchschnittlich hatte jedes Fohlen, bei dem dieser Befund diagnostiziert wurde, 2 pneumonisch veränderte Bereiche. **16** der **40** pneumonischen Veränderungen wurden auf der linken und **24** auf der rechten Thoraxseite diagnostiziert.

4.4.3 Abszessdiagnostik

Bei 42 der 46 Patienten (**Gruppe 2**) wurden sonographisch Lungenabszesse nachgewiesen. Dabei lag die Anzahl der Abszesse pro Fohlen zwischen eins und neun (Mittelwert: **0,96 ± 1,16**). Insgesamt wurden **90** Lungenabszesse bei den Fohlen dieser Gruppe sonographisch diagnostiziert. Davon befanden sich jeweils **45** Lungenabszesse auf jeder Thoraxseite. Die Verteilung der Abszesse in den Interkostalräumen und auf der rechten und der linken Lungenseite zeigt Abb. 5 und in den dorso-ventralen Ausrichtungen Tab. 3 und 4.

Bei vier kranken Fohlen (Gruppe 2) wurden mittels ultrasonographischer Untersuchung keine Lungenabszesse sondern lediglich pneumonisch veränderte Bereiche festgestellt.

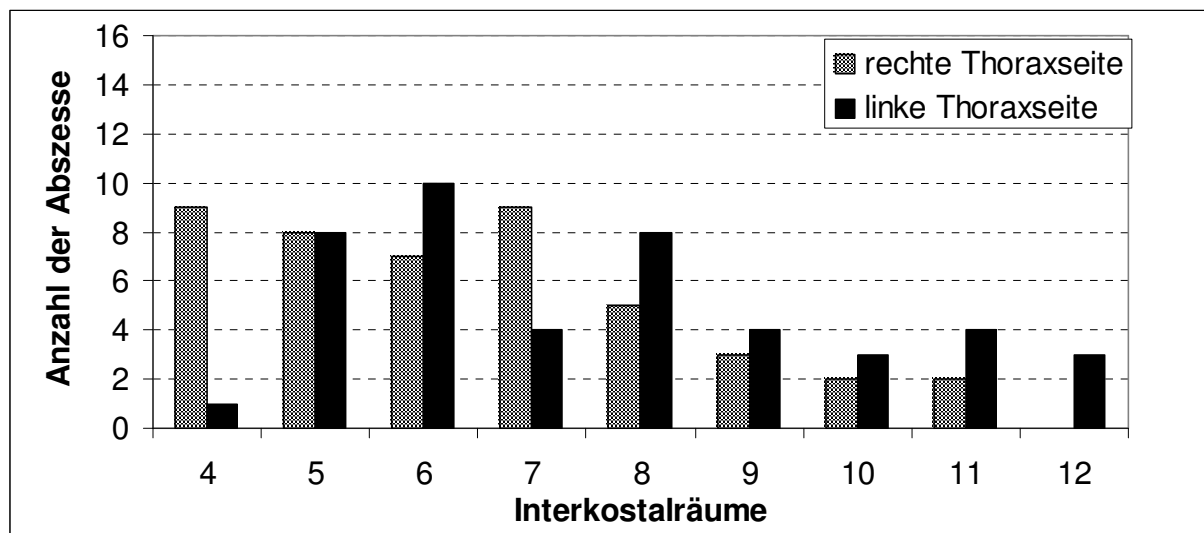


Abb. 5: Anzahl (n=90) und Verteilung der sonographisch darstellbaren Lungenabszesse bei lungenkranken Fohlen (Gruppe 2; n=46)

Tab. 3: Lokalisationen der 45 sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite

| rechte Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Summe |
| dorsale Region | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| mittlere Region | 6 | 5 | 6 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 30 |
| ventrale Region | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| Summe | 9 | 8 | 7 | 9 | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 45 |

Tab. 4: Lokalisationen der 45 sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite

| linke Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|---|----|---|---|---|----|----|----|-------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Summe |
| dorsale Region | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 8 |
| mittlere Region | 1 | 3 | 6 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 23 |
| ventrale Region | 0 | 4 | 4 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 14 |
| Summe | 1 | 8 | 10 | 4 | 8 | 4 | 3 | 4 | 3 | 45 |

Lungenabszesse waren in allen sonographisch zugänglichen Interkostalräumen darstellbar. Die meisten Lungenabszesse wurden im kranialen Bereich des Thorax, vom **vierten** bis zum **achten** Interkostalraum, diagnostiziert.

4.5 Befunde der röntgenologischen Untersuchung

Um Röntgenbilder einer auswertbaren Qualität zu erhalten, mussten pro Fohlen 6 bis 10 Aufnahmen angefertigt werden. Von diesen Aufnahmen wurde die beste Aufnahme jeder Seite befundet und qualitativ ausgewertet. Die verworfenen Aufnahmen hatten wegen Bewegungsunschärfe und/ oder fehlerhafter Zentrierung und/ oder suboptimaler Belichtung eine mangelhafte Bildqualität.

4.5.1 Korrelation zwischen dem Körpergewicht der Fohlen und der Röhrenspannung

Die Röntgenbilder wurden mit einer Röhrenspannung von **72 bis 84 kV** (Mittelwert: **78 kV \pm 3**) und einer Stromstärke von 0,06 mAs (\pm 0,02) angefertigt. Die Röhrenspannung wurde mit zunehmendem Gewicht erhöht. Mittels Spearmanscher Korrelationsanalyse wurde ein signifikanter Zusammenhang ($R= 0,78$) zwischen dem Gewicht der Fohlen und der Röhrenspannung festgestellt. Die Einzelwerte sind der Tabelle im Anhang 9.3 zu entnehmen.

4.5.2 Beurteilung der Bildqualität

Qualität der Röntgenbilder des Thorax:

Es wurden die Bewegungsunschärfe, die Detailerkennung, der Kontrast und die Helligkeit beurteilt. Anhand dieser Parameter wurde von jedem Betrachter der Gesamteindruck des Röntgenbildes subjektiv als **gut**, **ausreichend** oder **mäßig** bewertet. Die Ergebnisse der Qualitätsbewertung beider Thoraxaufnahmen (insgesamt $n=130$) durch jeden Betrachter sind in Tab. 5 aufgeführt.

Tab. 5: Verteilung der prozentualen Mittelwerte der Röntgenbildbewertung

| Bewertung | gut MW (%) | ausreichend MW (%) | mäßig MW (%) |
|--------------|---------------|-----------------------|-----------------|
| Betrachter 1 | 27,5 | 66 | 6,5 |
| Betrachter 2 | 17,5 | 78,5 | 4 |
| Betrachter 3 | 76,5 | 2 | 21,5 |

Legende: MW= Mittelwert

Der Cohens Test ergab keine Übereinstimmung bei der Beurteilung der Bildqualität durch die drei Betrachter (Cohens Kappa für die Röntgenaufnahme der rechten kassettennahen Thoraxseite: -0,03; für die Röntgenaufnahme der linken kassettennahen Thoraxseite: -0,01).

4.5.3 Weitere Röntgen-Diagnosen

Die Erhebungen der weiteren röntgenologischen Diagnosen der drei Betrachter zeigt Tab. 6.

Tab. 6: Verteilung der Häufigkeiten einzelner Diagnosen nach rechter und linker Röntgenaufnahme getrennt

| | | Diagnose | | |
|--------------|----|------------|--------------------------|------------------|
| | | Bronchitis | Interstitielle Pneumonie | Bronchopneumonie |
| Betrachter 1 | re | 4 | 23 | 9 |
| | li | 4 | 20 | 10 |
| Betrachter 2 | re | 1 | 32 | 0 |
| | li | 1 | 30 | 0 |
| Betrachter 3 | re | 35 | 13 | 41 |
| | li | 30 | 11 | 36 |

Legende: re: rechte Thoraxseite kassettennah; li: linke Thoraxseite kassettennah

Für die röntgenologische Diagnose „Bronchitis“ und „Bronchopneumonie“ lag keine signifikante Übereinstimmung der drei Betrachter vor. Dagegen wurde die „interstitielle Pneumonie“ mit signifikanter Übereinstimmung diagnostiziert (rechte Seite $p= 0,04$ und linke Seite: $p= 0,03$).

4.5.4 Diagnostik durch Betrachter 1

Insgesamt erkannte Betrachter 1 auf den 130 Röntgenaufnahmen der 65 untersuchten Fohlen 41 Lungenabszesse, hauptsächlich im mittleren und ventralen Bereich des **siebten** und **achten** Interkostalraumes (Abb. 4 und Abb. 5 sowie Abb. 6).

Tab. 7: Lokalisationen der 16 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 1)

| rechte Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| mittlere Region | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 |
| Summe | 0 | 0 | 1 | 4 | 5 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 16 |

Tab. 8: Lokalisationen der 25 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 1)

| linke Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 6 |
| mittlere Region | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| Summe | 0 | 2 | 2 | 7 | 7 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 25 |

Betrachter 1 diagnostizierte auf den rechten Röntgenaufnahmen insgesamt 16 Lungenabszesse und auf den linken Röntgenaufnahmen insgesamt 25 Abszesse. Die insgesamt 41 Lungenabszesse wurden bei 17 Fohlen (26%) diagnostiziert. Bei 48 der insgesamt 65 Fohlen wurden keine Abszesse erkannt.

4.5.5 Diagnostik durch Betrachter 2

Insgesamt erkannte Betrachter 2 auf den 130 Röntgenaufnahmen der 65 untersuchten Fohlen **64** Lungenabszesse, hauptsächlich im mittleren und ventralen Bereich des **sechsten bis achten** Interkostalraumes (Tab. 9 und 10 sowie Abb. 7).

Tab. 9: Lokalisationen der 31 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 2)

| rechte Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| mittlere Region | 0 | 0 | 4 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Summe | 0 | 0 | 8 | 14 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 31 |

Tab. 10: Lokalisationen der 32 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 2)

| linke Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| mittlere Region | 0 | 1 | 4 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 1 | 4 | 5 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Summe | 1 | 1 | 5 | 9 | 9 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 32 |

Betrachter 2 diagnostizierte auf den rechten Röntgenaufnahmen insgesamt 31 Lungenabszesse und auf den linken Röntgenaufnahmen 32 Abszesse. Die insgesamt 63 Abszesse wurden bei 25 Fohlen (38%) diagnostiziert. Bei 40 der insgesamt 65 Fohlen wurden keine Abszesse erkannt.

4.5.6 Diagnostik durch Betrachter 3

Insgesamt erkannte Betrachter 3 auf den 130 Röntgenaufnahmen der 65 untersuchten Fohlen **114** Lungenabszesse, hauptsächlich in den mittleren und ventralen Bereichen des **sechsten bis neunten** Interkostalraumes (Tab. 11 und 12 sowie Abb. 8).

Tab. 11: Lokalisationen der 51 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 3)

| rechte Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11 |
| mittlere Region | 1 | 1 | 5 | 4 | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 3 | 7 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| Summe | 1 | 1 | 9 | 15 | 11 | 5 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 51 |

Tab. 12: Lokalisationen der 63 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 3)

| linke Seite | Interkostalräume | | | | | | | | | | | | Summe |
|-----------------|------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| dorsale Region | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 14 |
| mittlere Region | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 3 | 6 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| Summe | 1 | 6 | 9 | 15 | 11 | 7 | 6 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 63 |

Betrachter 3 diagnostizierte auf den rechten Röntgenaufnahmen insgesamt 51 und auf den linken Röntgenaufnahmen 63 Abszesse. Die insgesamt 114 Lungenabszesse wurden bei 32 Fohlen (49%) diagnostiziert. Bei 33 der insgesamt 65 Fohlen wurden keine Abszesse erkannt.

4.5.7 Lokalisationen der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse der drei Betrachter

Sowohl die Anzahl als auch die Lokalisationen der Lungenabszesse unterscheiden sich zwischen den einzelnen Betrachtern (Abb. 6,7,8).

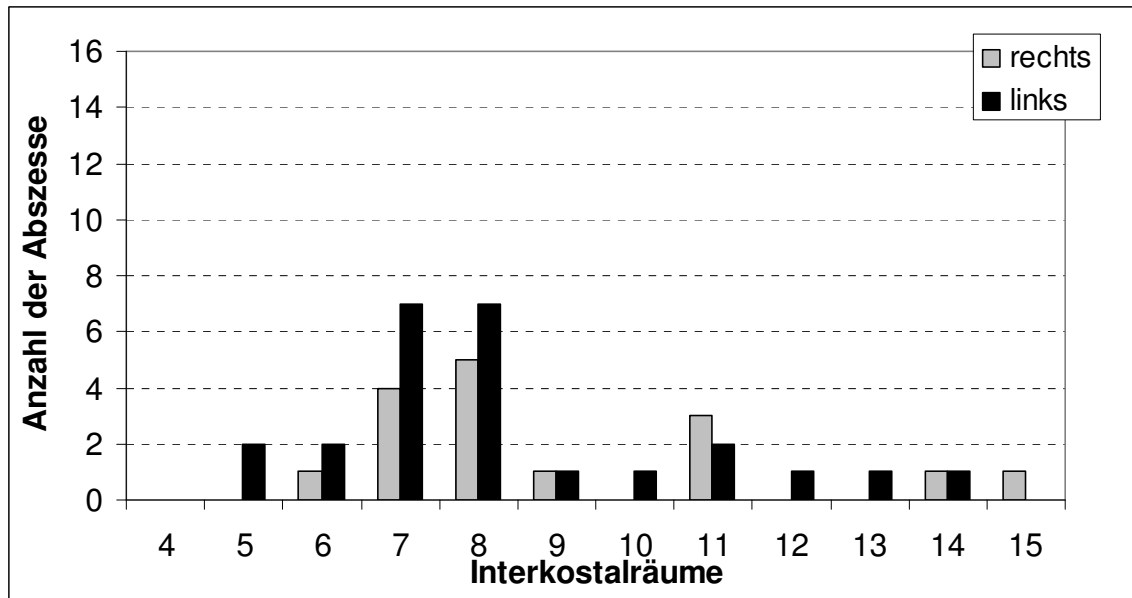


Abb. 6: Lokalisationen der 41 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 1)

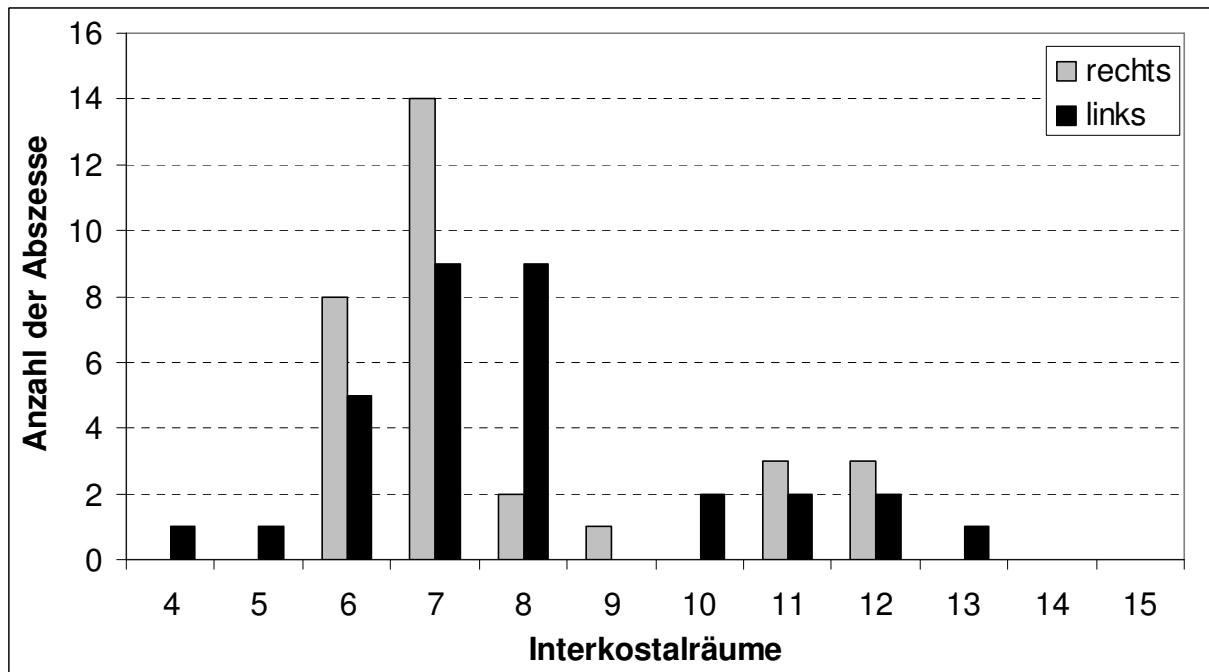


Abb. 7: Lokalisationen der 63 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 2)

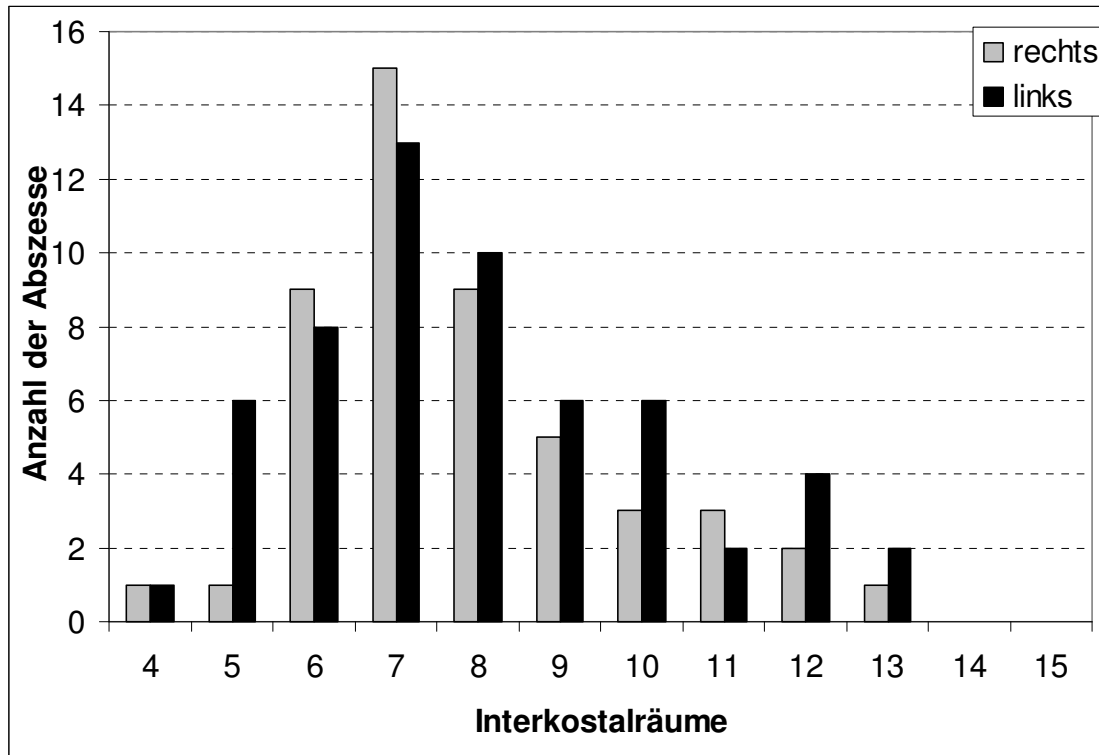


Abb. 8: Lokalisationen der 114 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 3)

Legende: rechts: rechte Thoraxseite kassettenah; links: linke Thoraxseite kassettenah

4.5.8 Übereinstimmung der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse unter den Betrachtern

Für diese Auswertung galt ein Lungenabszess als gesicherte Diagnose, wenn dieser von mindestens zwei der drei Betrachter an derselben Lokalisation erkannt wurde. Diese Übereinstimmung wurde bei 20 der 46 kranken Fohlen der Gruppe 2 für insgesamt 27 Abszesse festgestellt. Das heißt, dass diese 27 Abszesse von mindestens zwei der drei Betrachter an derselben Lokalisation diagnostiziert wurden. Für die folgende Darstellung der Ergebnisse werden nur diese 20 Fohlen berücksichtigt, bei denen eine Übereinstimmung der Abszesslokalisation festgestellt wurde.

4.5.9 Übereinstimmung der röntgenologisch diagnostizierten Lungenabszesse nach rechter und linker Thoraxaufnahme getrennt

Betrachter 1 erkannte auf den beiden Röntgenaufnahmen der 20 Fohlen insgesamt 41 Lungenabszesse. Von diesen Lungenabszessen wurden 25 auf der linken und 16 auf der rechten Thoraxaufnahme diagnostiziert. Eine Übereinstimmung der Lokalisationen bestand bei 14 Abszessen. Es wurden somit (14/41) 27 Abszesse diagnostiziert.

Betrachter 2 erkannte auf den beiden Röntgenaufnahmen der 20 Fohlen insgesamt 52 Lungenabszesse. Von diesen Lungenabszessen wurden 27 auf der linken und 25 auf der rechten Thoraxaufnahme diagnostiziert. Eine Übereinstimmung der Lokalisationen bestand bei 15 Abszessen. Es wurden somit (15/52) 37 Abszesse diagnostiziert.

Betrachter 3 erkannte auf den beiden Röntgenaufnahmen der 20 Fohlen insgesamt 80 Lungenabszesse. Von diesen Lungenabszessen wurden 44 auf der linken und 36 auf der rechten Röntgenaufnahme diagnostiziert. Eine Übereinstimmung der Lokalisationen bestand bei 22 Abszessen. Es wurden somit (22/80) 58 Abszesse diagnostiziert.

Die Übereinstimmungen zwischen den Befunden der rechten und der linken Thoraxaufnahme zwischen den drei Betrachtern betragen von 27,5 bis 32% (siehe Tab 13 und Anhang 9.4). Das heißt, dass jeder der drei Betrachter nahezu jeden dritten Lungenabszess auf beiden Thoraxaufnahmen erkannt hat.

Tab. 13: Übereinstimmungen zwischen den Befunden der rechten und linken Thoraxaufnahmen

| | | Anzahl der diagnostizierten Lungenabszesse | Anzahl der Übereinstimmungen |
|---------------------|----|--|------------------------------|
| Betrachter 1 | re | 16 | (14/41) (34%) |
| | li | 25 | |
| Betrachter 2 | re | 25 | (15/52) (29%) |
| | li | 27 | |
| Betrachter 3 | re | 36 | (22/80) (27,5%) |
| | li | 44 | |

Legende: li: linke Thoraxseite kassettennah; re: rechte Thoraxseite kassettennah;
Übereinstimmung: Übereinstimmung der Lungenabszesslokalisationen zwischen der rechten und der linken Thoraxaufnahme

4.5.10 Ergebnis der übereinstimmend diagnostizierten Lungenabszesse bei 20 Fohlen

Ein Lungenabszess wurde als gesicherte Diagnose angenommen, wenn dieser Befund von mindestens zwei der drei Betrachter an der entsprechenden Lokalisation angegeben wurde.

Insgesamt wurden **27** Abszesse bei insgesamt 20 Fohlen der Gruppe 2 (kranke Fohlen n=46) übereinstimmend diagnostiziert. Die einzelnen Werte können dem Anhang 9.4 entnommen werden.

Die größte Anzahl der Lungenabszesse, bei denen eine Übereinstimmung bestand, befand sich im **siebten** und **achten** Interkostalraum und in der mittleren Region (**b**) des Thorax (siehe Tab. 14 und Abb.9).

Tab. 14: Lokalisationen der 27 Lungenabszesse, die von mindestens zwei der drei Betrachter an der gleichen Lokalisation diagnostiziert wurden

| | Interkostalräume | | | | | | | | | Summe |
|------------------------|------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| dorsale Region | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| mittlere Region | 0 | 0 | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 13 |
| ventrale Region | 0 | 0 | 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 |
| Summe | 0 | 0 | 3 | 11 | 8 | 2 | 0 | 3 | 0 | 27 |

4.6 Übereinstimmung der radiologischen und sonographischen Befunde

Die Übereinstimmung der sonographischen und der radiologischen Befunde des Thorax wurde bei 20 Fohlen überprüft. Es handelte sich dabei um den Anteil der 65 insgesamt in dieser Studie untersuchten Fohlen, bei denen mindestens zwei der drei Betrachter im Röntgenbild mindestens einen Lungenabszess an der gleichen Lokalisation vom 4. bis zum 12. Interkostalraum diagnostizierten.

Mittels sonographischer Untersuchung wurden bei diesen 20 Fohlen 52 und mit der röntgenologischen Untersuchung 27 Abszesse festgestellt. Bei 17 Fohlen und insgesamt 21 Abszessen (der insgesamt 79 mittels Sonographie und Radiographie diagnostizierten Abszesse) konnte eine Übereinstimmung der Lokalisationen von Ultraschall- und Röntgenbefunden festgestellt werden. Dabei lag die Übereinstimmung beider Methoden in Bezug auf die befundbehafteten Lokalisationen bei den einzelnen Fohlen zwischen 0 und 100% bei einem Median von 52% ($\pm 36,5$). Die einzelnen Lokalisationen und Übereinstimmungen der beiden diagnostischen Methoden sind der Tab. 15 und Abb. 9 zu entnehmen.

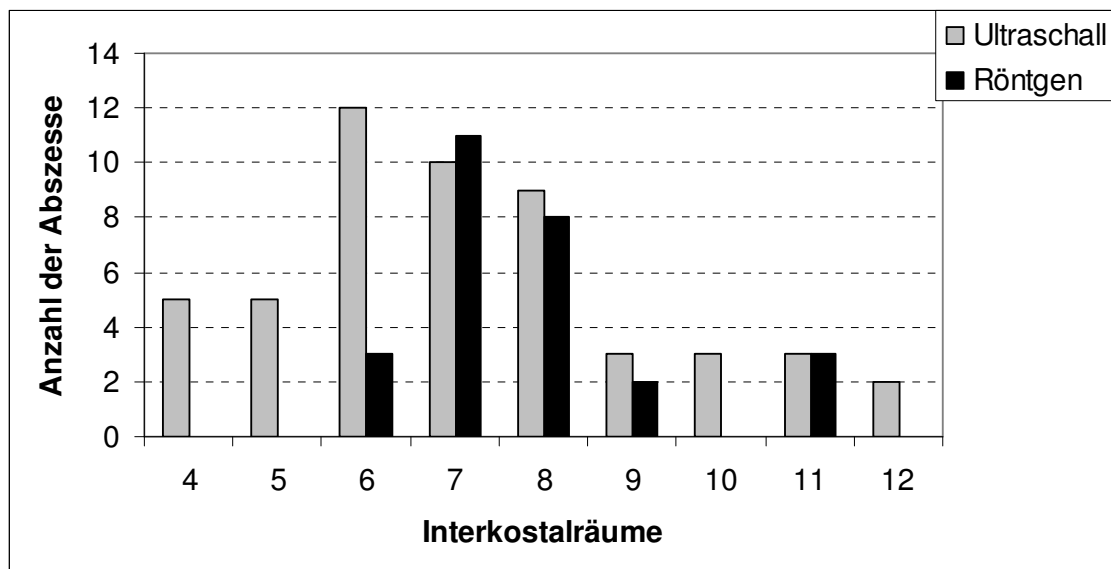


Abb. 9: Anzahl und Verteilung der radiologisch und sonographisch ermittelten Lungenabszesse bei 21 Fohlen mit radiologisch deutlich erkennbaren abgegrenzten Verschattungen

Tab. 15: Übersicht über die Lokalisationen der radiologisch und sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse bei 21 Fohlen

| Fohlen Nummer | Lokalisation der Abszesse (Ultraschall) | Lokalisation der Abszesse (Röntgen*) | Übereinstimmung der Abszesslokalisationen in beiden Untersuchungen | Übereinstimmung (Anzahl und %) |
|----------------------|--|---|---|---------------------------------------|
| 1. | re: 4b, 5b, 5c, 6b li: 6b | 6c | 6 (b-c) | 1/5 (20%) |
| 2. | re: 6b, 6c, 7a, 8a li: 5c | 7c, 9a | 6-7 (c) 8-9 (a) | 2/5 (40%) |
| 3. | re: 7b li: | 6b | 6-7 (b) | 1/1 (100%) |
| 4. | re: 4c li: | 7a | | 0/1 (0%) |
| 5. | re: li: 5c, 6b | 7a | 6-7 (a und b) | 1/2 (50%) |
| 6. | re: 8b, 10b li: 8a, 8c, 11b, 12b | 6a, 8c, 11b | 8c, 11b | 2/6 (33%) |
| 7. | re: 7a li: 6b, 6c, 9a | 7b | 6-7 (b) | 1/4 (25%) |
| 8. | re: 6b li: | 7b | 6-7 (b) | 1/1 (100%) |
| 9. | re: 7b | 7b | 7b | 1/1 (100%) |
| 10. | re: li: 9b | 9a | 9 (a-b) | 1/1 (100%) |
| 11. | re: 7b li: 8c | 8b | 7-8 (b) | 1/2 (50%) |
| 12. | re: 7b li: 8c | 8b | 7-8 (b) | 1/2 (50%) |

| | | | | |
|----------------|--|-------------|-------------------|---------------------|
| 13. | re: 8b, 9b li: 8c | 7b, 8c | 7-8 (b) 8c | 2/3 (66%) |
| 14. | re: li: 7b | 8b | 7-8 b | 1/1 (100%) |
| 15. | re: li: 7b | 7c | 7 (b-c) | 1/1 (100%) |
| 16. | re: li: 6c, 10b | 8b, 11c | 10-11 (b-c) | 1/2 (50%) |
| 17. | re: 4b, 6b, 7b, 11b li: 4b, 11b, 12a | 8b, 8c, 11b | 7-8 (b) 11b | 2/7 (28%) |
| 18. | Re: 4b, 6b li: 6c | 7c | 6-7 (c) | 1/3 (33%) |
| 19. | re: 8a li: 10a | 7c | | 0/1 0% |
| 20. | re: 5b li: | 7b | | 0/1 0% |
| Gesamt: | 51 | 27 | 21 (26,9%) | 52% (± 36,5) |

re= rechte Thoraxseite kassettennah; li= linke Thoraxseite kassettennah;

*Lokalisation an der ein Lungenabszess von mindestens zwei der drei Betrachter diagnostiziert wurde

5 Diskussion

Sowohl die Sonographie als auch die röntgenologische Untersuchung des Thorax hat sich in früheren Studien als ein gutes diagnostisches Verfahren zur Früherkennung von Lungenabszessen, noch bevor die Fohlen klinische Symptome zeigen, erwiesen (FALCON et al., 1985; ALTHAUS, 2004).

Das Ziel der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob ein unterschiedlicher diagnostischer Wert der sonographischen Untersuchung einerseits, und der röntgenologischen Untersuchung andererseits, bei Fohlen mit einer abszedierenden Pneumonie erkennbar ist.

5.1 Probandengut

In der einzigen bisher publizierten Studie mit einer ähnlichen Fragestellung wie in der vorliegenden Arbeit wurden 17 Fohlen mit einer *R.-equi*-Pneumonie, jedoch ohne den Vergleich mit klinisch unauffälligen Fohlen, untersucht (RAMIREZ et al., 2004). Erweiternd wurde in der vorliegenden Studie den 46 Tieren mit sonographischen Lungenabszessen (Gruppe 2) eine Kontrollgruppe mit 19 Tieren ohne klinische und sonographische Befunde (Gruppe 1) gegenübergestellt, um subklinische, pleuraferne Lungenabszesse möglicherweise röntgenologisch zu diagnostizieren.

5.2 Auswahl der Untersuchungsmethoden

Klinische Untersuchung des Respirationstraktes:

In der vorliegenden Studie wiesen 5 von 19 lungengesunden Fohlen einen klinischen Score von 2 und somit geringgradige respiratorische Symptome, wie z.B. geschwollene Mandibularlymphknoten oder serösen Nasenausfluss auf. Da diese Fohlen jedoch keine Auffälligkeiten bei der speziellen Untersuchung der Lunge zeigten, der Blutleukozytenwert unter 13.000 Zellen pro μl lag und die sonographische Untersuchung keinen Hinweis auf eine abszedierende Pneumonie ergab, wurde die Ursache der geringgradigen respiratorischen Symptomatik nicht den tiefen Atemwegen, sondern den oberen Atemwegen zugeordnet.

Da die Rhodokokkose zu Beginn der Erkrankung klinisch schwer oder gar nicht diagnostizierbar ist (GIGUÈRE, 2001) und negative Auskultationsbefunde eine geringgradige Lungenerkrankung nicht sicher ausschließen (FALCON et al., 1985), war nicht zu ermitteln, ob in der Gruppe der lungengesunden Tiere einzelne Fohlen eventuell schon mit dem Erreger infiziert und inapparent erkrankt waren.

Dagegen wurden in die Gruppe der kranken Fohlen (**Gruppe 2**) insgesamt 17 Fohlen aufgenommen, die nach dem Punktesystem von OHNESORGE et al. (1998) als geringgradig erkrankt oder sogar als gesund eingestuft wurden, obwohl entweder sonographisch Lungenabszesse festgestellt wurden, oder die Tiere einen Blutleukozytenwert von über 13.000 Zellen pro μl hatten. Das bedeutet, dass wie ALTHAUS (2004) es zeigte bei dem Verdacht auf eine *R.-equi*-Infektion eine sonographische und eine hämatologische Untersuchung unerlässlich sind, auch wenn klinisch noch keine oder nur geringgradige Befunde vorliegen.

Röntgenologische Lungenuntersuchung:

Die Projektion der Lunge im latero-lateralen Strahlengang ist am besten geeignet, die diagnostisch relevanten Bereiche des Lungengewebes radiologisch darzustellen (BOLZ, 1936). Eine Röntgentechnik mit dorso-ventralem oder ventro-dorsalem Strahlengang ist zwar beim Fohlen beschrieben (RENANDO und QUICK, 1979; PERKINS et al. 2001), die relevanten Lokalisationen der Lunge sind allerdings nicht diagnostisch verwertbar darzustellen, da sie vom Widerrist, der Wirbelsäule, dem schräg stehenden Diaphragma, dem Herzen und der Unterbrustmuskulatur überlagert werden. In der vorliegenden Studie wurden deshalb ausschließlich Röntgenaufnahmen der Lunge im latero-lateralen Strahlengang angefertigt.

Da im latero-lateralen Strahlengang beide Lungenhälften übereinander projiziert werden, ist eine Zuordnung der Befunde zur rechten oder linken Lungenhälfte mit Hilfe einer einzigen Aufnahme (von rechts oder links) nicht möglich (RENANDO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001; SANDE und TUCKER, 2004). Um möglichst viele Lungenbefunde zu erfassen und eventuell eine Zuordnung der Befunde zu ermöglichen, wurde in der vorliegenden Studie jeweils ein Röntgenbild mit einem Strahlengang von der rechten zur linken Thoraxseite und ein zweites mit einem Strahlengang von links nach rechts angefertigt. Dabei hat sich gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Lunge von beiden Seiten zu röntgen, da Lungenabszesse

übersehen werden können, wenn man keine zweite Aufnahme der anderen Seite anfertigt.

SANDERSON, O`CALLAGHAN (1983) und FEENEY (1982) stellten fest, dass trotz Anfertigung von Röntgenbildern jeder Thoraxseite eine Zuordnung der Befunde zu einer Lungenseite beim Pferd schwierig ist. Auch in der vorliegenden Studie war, trotz Röntgenuntersuchung von rechts und von links keine eindeutige Zuordnung der Befunde zu einer Lungenseite möglich.

Allerdings wurden auf den Bildern der rechten und der linken Thoraxseite häufig unterschiedliche Anzahlen an Abszessen an differierenden Lokalisationen festgestellt. Die Anfertigung von zwei Aufnahmen erhöht die Wahrscheinlichkeit, einen Lungenabszess zu diagnostizieren, und bei Übereinstimmung gleicher Befunde der rechten und linken Aufnahme sichert sie die Diagnose. Allerdings werden dadurch eventuell auch fälschlicherweise röntgenologische Verdichtungen (wie überlagerte Rippen oder Gefäße) als Lungenabszess angesprochen. Zusammenfassend erscheint die Anfertigung von zwei Thoraxaufnahmen in der Routinediagnostik sinnvoll, da bei nur einseitiger Röntgenuntersuchung eventuell Abszesse übersehen werden.

In der Literatur werden für die radiologische Untersuchung der Lunge Streustrahlenraster zur Optimierung der Qualität und Film-Folien-Kombinationen mit einer 400-fachen Verstärkung zur Reduktion der Strahlendosis empfohlen (RENANDO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001). In der vorliegenden Studie wurde kein Streustrahlenraster verwendet, da ein praxisübliches Röntgengerät mit einer relativ geringen Leistung (maximal 90 kV und 20 mA) eingesetzt wurde. Eine ausreichende Feinzeichnung wurde durch eine Film-Folien-Kombination mit geringerer Verstärkung (200-fach) erreicht (KING et al., 1964; MAIR et al., 1990).

Die verwendete Strahlenhärte (72-84 kV) und die Strahlenmenge (0,05-0,1 mAs) wurde entsprechend den allgemeinen Angaben für Röntgenaufnahmen des Thorax von Fohlen gewählt (RENANDO und QUICK, 1979; LESTER und LESTER, 2001). Bei der Aufnahmetechnik wurde die Belichtungszeit möglichst gering gehalten, um Bewegungsartefakte zu verhindern (FEENEY et al., 1982).

RENANDO und QUICK (1979) sowie LESTER und LESTER (2001) empfehlen für die Röntgentechnik beim Fohlen einen Film-Focus-Abstand von 1m. Der in dieser

Studie angewandte Abstand betrug 0,8m. Damit konnten meistens diagnostisch auswertbare Röntgenbilder erstellt werden. Allerdings stellt sich die Fragen, ob angesichts der geringen Übereinstimmung der drei Betrachter, die Qualität der Röntgenbilder wirklich hier ausreichend war und ob unter Praxisbedingungen Aufnahmen ausreichender Qualität für eine sichere diagnostische Aussage erzielbar sind.

Somit wurde in der vorliegenden Arbeit eine Röntgentechnik eingesetzt, die derzeit auch unter Praxisbedingungen weitgehend verfügbar ist. Bemerkenswert ist, dass mit dieser Aufnahmemethode durchschnittlich von jedem Fohlen sechs bis zehn Aufnahmen angefertigt werden mussten, um für jede Aufnahmerichtung eine Röntgenaufnahme mit auswertbarer Qualität zu erhalten. Die röntgenologische Untersuchung ist in Folge dessen mit einem nicht unerheblichen Zeit-, Kosten und Röntgenenergieaufwand verbunden.

Es ist zu erwarten, dass in Zukunft mit der digitalen Röntgentechnik die Anzahl der notwendigen Röntgenaufnahmen zur Untersuchung der Lunge beim Fohlen reduziert werden kann.

Befundung der Röntgenaufnahmen des Thorax:

SANDE und TUCKER (2004) sehen die Beurteilung von Röntgenaufnahmen der Lunge in der Tiermedizin sowohl für den Radiologen als auch für den Kliniker als Herausforderung an. Einerseits fehlt dem Radiologen häufig der Bezug zum Patienten. Andererseits überinterpretiert der Kliniker Abweichungen von der Norm nicht selten als Erkrankung. Somit wird unter Tiermedizinern häufig eine Diskussion zu dem „Normalbild“ der Lunge geführt (REEF et al., 1991).

In der Humanmedizin zeigen mehrere Studien, dass uneinheitliche Bewertungen von Befunden durch unterschiedliche Betrachter durchaus häufig sind, insbesondere bei der Befundung von Thoraxaufnahmen. Die Diagnostik von Lungenerkrankungen anhand eines Röntgenbildes hängt von dem Wissen und der Erfahrung des Betrachters, der Untersuchungstechnik, dem Zeitpunkt der Röntgenuntersuchung im Krankheitsverlauf und der statistischen Zuordnung von Röntgenzeichen bei einer bestimmten Krankheit (BOLIG, 1976) und nicht zuletzt auch von der Größe der Befunde und von der Betrachtungszeit ab (OESTMANN et al., 1988).

Außerdem wurde bei der Befundung von Röntgenaufnahmen der Lunge das SOS-Phänomen („satisfaction of search“) als Störfaktor erkannt (BERBAUM et al., 1992). Dabei bleibt ein zweiter Befund von mehreren Betrachtern unentdeckt, wenn zuvor bereits ein anderer Befund auf demselben Röntgenbild festgestellt wurde.

Auch die Wiederholbarkeit der Erfassung von Röntgenbefunden durch einen Betrachter zu verschiedenen Zeitpunkten ist gering. In einer Wiederholbarkeitsanalyse zur Beurteilung von Röntgenaufnahmen der Gliedmaßen von Pferden wurden die Röntgenbilder von 103 Pferden im Abstand von einem Jahr von einem Betrachter zwei Mal beurteilt. Die Abweichung bei der Diagnose „Podotrochlose“ betrug dabei 29% (WINTER, 1995).

Eine humanmedizinische Studie zu diesem Thema zeigte, dass die Interpretation mit hohem Ausbildungsstand besser ist, jedoch keine Gewähr für das Übersehen eines Befundes darstellt (EISEN et al., 2006).

In der vorliegenden Studie hat sich die sowohl in der Humanmedizin als auch in der Pferdemedizin bekannte Problematik in Bezug auf die interindividuelle Beurteilung von Röntgenbildern der Lunge bestätigt. In dieser Arbeit kamen erfahrene Fachleute zu unterschiedlichen Ergebnissen. Nicht nur quantitative Veränderungen, wie die Anzahl der Abszesse, sondern auch qualitative Befunde, wie die Diagnose einer „Bronchitis“, „Bronchopneumonie“ und „interstitielle Pneumonie“, wurden unterschiedlich beurteilt. Das bedeutet, dass die Interpretation von Röntgenaufnahmen im Allgemeinen und speziell die Interpretation von Lungenröntgenbildern schwierig ist und somit kein ausreichend sicheres Diagnostikum für eine abszedierende Pneumonien darstellt. Bei der Beurteilung der Thoraxröntgenaufnahmen kann die teilweise nur ausreichende Qualität der Aufnahmen ein möglicher Störfaktor bei der Interpretation sein. Erstmals in der Pferdemedizin wurde in dieser Untersuchung die Beurteilung der Bildqualität vorgenommen, die bisher weder am Patientenmaterial sorgfältig untersucht noch durch mehrere Betrachter beurteilt wurde.

Lokalisation der Lungenläsionen und deren Erkennung auf Röntgenaufnahmen

Bei der latero-lateralen Aufnahmetechnik der Pferdelage bleiben einige Bereiche der Lunge, insbesondere die kranialen und ventralen Bereiche von der Herzsilhouette und dem Zwerchfell überlagert und sind deshalb nicht vollständig auf dem Röntgenbild zu beurteilen (FARROW, 1981; RANTANEN, 1986; REEF, 1991a).

Lungenabszesse, die sich im kaudo-ventralen Bereich der Lunge befinden, sind aufgrund des röntgendichten Zwerchfells und des Abdomens röntgenologisch nicht darstellbar (REEF, 1991a). Allerdings zeigten Sektionsergebnisse von Fohlen mit Lungenabszessen, dass bei 80% der obduzierten Tiere die Abszesse im Zentrum der Lunge und zwar in einem röntgenologisch erfassbaren Bereich aufzufinden sind (ZINK et al., 1986). Damit sind die befundbehafteten Lokalisationen der Lunge der Röntgentechnik weitgehend zugänglich. Jedoch sind auch in der vorliegenden Studie zehn sonographisch erkannte Lungenabszesse im 4. und 5. Interkostalraum diagnostiziert worden, die vom Herzschatten überlagert sind und deshalb röntgenologisch nicht darstellbar sind.

Auch in der vorliegenden Studie wurden häufig Abszesse in den ventralen Bereichen der Lunge gefunden. Die meisten Abszesse wurden, in Übereinstimmung mit den Sektionsergebnissen von ZINK et al. (1986), bei der röntgenologischen Untersuchung jedoch im mittleren Bereich des Thorax (6. bis 8. Interkostalraum) festgestellt. In den kranialen (4. und 5. Interkostalraum) und kaudalen Bereichen (10. bis 12. Interkostalraum) der Lunge wurden dagegen nur vereinzelt Abszesse mit Hilfe der Röntgentechnik diagnostiziert. Diese Bereiche der Lunge sind mittels röntgenologischer Untersuchungstechnik schlecht oder unvollständig darstellbar, weil kranial große Pulmonalgefäße und der linke Vorhof röntgendichte Strukturen sind, die eine Beurteilung des Lungengewebes und kleiner, röntgendichter Strukturen erschweren.

Sonographische Lungenuntersuchung:

Für die sonographische Untersuchung der Fohlenlunge eignet sich sowohl ein Linearschallkopf als auch ein Sektorscanner mit einer Frequenz von 5 bis 7,5 MHz (REIMER, 1990; REEF, 1991a; REEF et al., 1991).

Die sonographische Untersuchung wurde in der vorliegenden Studie mit einem 5 bis 9 MHz-Linearschallkopf durchgeführt. Das Gerät war bei der Untersuchung auf eine Frequenz von 7,5 MHz mit einer Eindringtiefe von 5 cm eingestellt. Die hier verwendete Transrektalsonde (6,5x1,7 cm) ermöglichte auch die Untersuchung in den schmalen Interkostalräumen der kleineren Fohlen problemlos.

Die sonographische Untersuchung ist nicht invasiv, und die Fohlen tolerieren sie gut. Es handelt sich um ein wenig zeitaufwändiges Verfahren. Ein geübter Untersucher benötigt nur wenige Minuten für eine vollständige Untersuchung beider Thoraxseiten.

Die Ergebnisse sind sofort verfügbar, so dass eine Therapie, wenn nötig, unmittelbar eingeleitet werden kann.

In der Literatur werden für die Sonographie, im Gegensatz zur Röntgendiagnostik, Schwierigkeiten bei der Befunderhebung oder –interpretation nicht beschrieben. Bisher liegen jedoch noch keine Studien weder beim Fohlen noch bei anderen Tierarten vor, in denen sonographische Lungenbefunde insbesondere Lungenabszessen durch eine pathomorphologische Untersuchung überprüft wurden. Gleichwohl hat die vorliegende Studie gezeigt, dass mit Ultraschallgeräten, die derzeit in der kurativen Fahrpraxis zur Verfügung stehen, eine Vielzahl von Befunden im Bereich der Lunge des Fohlens erhoben werden können. Derartige Geräte werden meistens in der Praxis mitgeführt, weil sie vielseitig verwendbar sind (z.B. für die gynäkologische oder orthopädische Untersuchung). Deshalb stellt die Sonographie eine praktikable und nicht mit zusätzlichen Kosten verbundene Diagnostik dar.

Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik sind sonographisch auch kraniale Bereiche der Lunge gut darstellbar (REEF, 1990, 1991; REIMER, 1990). Die meisten Autoren (MARTENS et al., 1982; FALCON et al., 1985; AINSWORTH, 1999; ALTHAUS, 2004) stellten fest, dass sich auch sonographisch die größte Anzahl der Lungenabszesse im kranialen und mittleren Thoraxbereich nachweisen lassen und diese außerdem nicht ungleichmäßig auf beide Lungenseiten verteilt sind (ALTHAUS, 2004). Im Gegensatz dazu diagnostizierten HILLIDGE (1986) und REEF (1990) bei Pferden Abszesse öfter in der rechten als in der linken Lunge.

In der vorliegenden Arbeit konnte mit Hilfe der sonographischen Untersuchung im Gegensatz zur röntgenologischen Untersuchung eine genaue Zuordnung der Befunde auf die entsprechende Lungenseite. Das bedeutet, dass eine genaue Angabe der Anzahl der Lungenabszesse und deren Lokalisation vorgenommen werden kann, die bei der Überprüfung des Therapieerfolges hilfreich sein kann.

5.3 Ergebnisse

Übereinstimmung der röntgenologischen und sonographischen Untersuchung:

RAMIREZ et al. (2004) konnten mittels röntgenologischer Untersuchung mehr Fohlen mit Lungenabszessen auffinden als mit der sonographischen Untersuchung des

Thorax. Sie empfehlen daher die Sonographie als Untersuchungsmethode nur dann, wenn eine röntgenologische Untersuchung nicht durchführbar ist.

BOSTEDT und JUNG (2004) verglichen ebenfalls den diagnostischen Wert der beiden Untersuchungsmethoden an einer gleich großen Anzahl an Kälbern (n=66). In der Studie wurden auch 10 lungengesunde Kälber im Alter von 0 bis 14 Tagen untersucht. Die übrigen 56 untersuchten Kälber litten an verschiedenartigen Lungenerkrankungen. Auch diese Studie zeigte, dass mit der Sonographie die Ausprägung einer Lungenerkrankung erkannt werden kann. Trotz der fehlenden Darstellbarkeit von tief in der Lunge befindlichen Prozessen, stellt die Sonographie ein nützliches Hilfsmittel zur Bewertung von klinisch unklaren respiratorischen Erkrankungen beim Kalb dar.

Mittels Sonographie kann verändertes Lungengewebe bzw. pleuranah gelegene Abszesse im kranialen Lungenbereich und im Spitzenlappen dargestellt werden (REIMER, 1990; REEF, 1991;), die mittels Radiographie wegen der Überlagerung mit den extra-pulmonalen Organen (Tricepsmuskulatur, und Herzschatten) nicht darstellbar sind (FARROW, 1981; RANTANEN, 1986).

Bei Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse wird deutlich, dass ein relativ geringer Anteil der diagnostizierten Abszesse mit der sonographischen und röntgenologischen Untersuchung übereinstimmend erkannt wurde. Die größte Übereinstimmung im vertikalen Untersuchungsfeld lag dabei im mittleren Bereich des Thorax und in den 7. und 8. Interkostalräume. Kranial und kaudal dieses Bereiches waren Übereinstimmungen der beiden bildgebenden Verfahren selten oder gar nicht anzutreffen. Viele der sonographisch darstellbaren Abszesse befanden sich in den ventralen und mittleren Bereichen des Lungefeldes. Röntgenologisch wurden hier nur wenig Abszesse gefunden, da diese vom Zwerchfell bzw. vom kranialen Abdomen verdeckt waren. Auch andere Autoren stellten fest, dass beim Pferd das kaudale Lungenfeld mittels Radiographie nicht vollständig darstellbar ist (REEF, 1991a). Insgesamt ist mit der sonographischen Untersuchung ein größeres Areal der Lunge in der cranio-caudalen bzw. der dorso-ventralen Ausdehnung bei geringerer Eindringtiefe in laterolateraler Richtung darstellbar als mit der Röntgentechnik. Die Eindringtiefe der diagnostisch auswertbaren sonographischen Darstellung erhöht sich mit der Ausdehnung thoraxwandnah gelegener Prozesse mit solidem Lungengewebe oder flüssigkeitshaltigen Kavernen (STADLER, 1990).

Auf der Basis der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit und im Gegensatz zu früheren Berichten (RAMIREZ et al., 2004), hat sich die Radiographie als Goldstandard für die bildgebende Diagnostik der Fohlenlunge nicht bestätigt, insbesondere weil die Befundung der drei Röntgenbetrachter stark voneinander abwich. Im Rahmen dieser Arbeit ist erstmalig eine Auswertung von Röntgenaufnahmen der Fohlenlunge durch drei Betrachter erfolgt. Somit müssen die Ergebnisse früherer ähnlicher Untersuchungen kritisch beurteilt werden. Dennoch hat die radiologische Untersuchung, besonders im zentralen Lungenbereich einen hohen diagnostischen Wert bei thoraxwandfernen Prozessen, die sonographisch nicht erkennbar sind (REIMER, 1990; REEF, 1991). Andere Autoren teilen mit, dass sich die Abszesse, die durch *R. equi* verursacht werden, häufig im ventralen Lungenbereich und damit auch in den röntgenologisch nicht zugänglichen Arealen der Lunge befinden, hingegen sonographisch gut darstellbar sind (REEF et al., 1998). Die Lunge der hier untersuchten Fohlen wurden nicht pathomorphologisch untersucht. Außerdem existierte kein Goldstandard für die bildgebende Diagnostik der Lunge des Fohlens. Somit konnte die Spezifität und Sensitivität der beiden bildgebenden Verfahren in dieser Studie nicht bestimmt werden.

5.4 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie zeigte, dass die röntgenologische Untersuchung des Thorax zur Diagnostik von Lungenabszessen unter Praxisbedingungen ein aufwendiges Verfahren ist und dass eine übereinstimmende Interpretation der Befunde durch mehrere Betrachter nur selten gelang und somit oft keine eindeutige Diagnose möglich war.

Die weniger invasive sonographische Untersuchung stellte sich dagegen außerdem als weniger aufwendig und unter Praxisbedingungen mit gutem Ergebnis einsetzbar dar. Insbesondere abszedierende Pneumonien sind damit erfassbar.

Bei verdächtigen klinischen aber nicht eindeutigen sonographischen Befunden sollte zusätzlich die Röntgendiagnostik eingesetzt werden. Erst dann sind sowohl thoraxwandnahe als auch –ferne, oder vom Herzen oder Zwerchfellbogen überlagerte Lungenabszesse erkennbar.

6 Zusammenfassung

Walther, Saskia Meike:

Diagnostik von Lungenabszessen beim Fohlen: Vergleich von sonographischen und röntgenologischen Befunden.

Ziel der vorgelegten Studie war es, den diagnostischen Wert der sonographischen und röntgenologischen Lungenuntersuchung bei der abszedierenden Pneumonie des Fohlens zu ermitteln. Dabei sollte insbesondere überprüft werden, ob unter Praxisbedingungen Lungenabszesse in einem frühen Stadium der Erkrankung mit einem oder mit beiden bildgebenden Verfahren erkannt werden können.

Die Untersuchung wurde an 65 Fohlen auf einem Gestüt in Norddeutschland durchgeführt. Nach der Allgemeinuntersuchung, der klinischen Lungenuntersuchung und nach Bestimmung der Blutleukozytenkonzentration, wurden sonographische und radiologische Untersuchungsergebnisse der Lunge von lungenkranken Fohlen (n=46) mit denen von lungengesunden (n=19) verglichen.

Bei der sonographischen Untersuchung wurden die Anzahl und die Lokalisation der Lungenabszesse auf jeder Thoraxseite ausgewertet. Die Lokalisationen der Lungenabszesse wurden mit Hilfe eines Koordinatensystems über dem Lungenfeld unter Orientierung an den Interkostalräumen ermittelt. Dazu wurden die Interkostalräume von dorsal nach ventral in drei Regionen unterteilt (dorsal, Mitte, ventral).

Bei den klinisch und hämatologisch „gesunden“ Fohlen wurden sonographisch keine und bei 42 Fohlen mit Verdacht auf Lungenerkrankung insgesamt 90 Lungenabszesse diagnostiziert.

Die Röntgenbilder wurden von drei Betrachtern, unabhängig voneinander und ohne Angabe des klinischen Vorberichtes, ausgewertet. Dabei wurden, wie bei der sonographischen Untersuchung, die Anzahl und die Lokalisation der Abszesse beurteilt. Röntgenologisch wurde ein Lungenabszess als gesicherte Diagnose angenommen, wenn dieser von mindestens zwei der drei Betrachter an derselben Lokalisation angegeben wurde. Die röntgenologischen Befunde der beiden Thoraxseiten wurden anhand der Koordinatenpunkte mit den sonographischen Befunden verglichen.

Bei den 20 Probanden, bei denen ein übereinstimmendes Ergebnis bei der Beurteilung der Röntgenbilder ermittelt wurde, wurden sonographisch 52 und röntgenologisch 27 Lungenabszesse diagnostiziert. Bei insgesamt 21 Abszessen wurde eine Übereinstimmung der Lokalisation bei den beiden Untersuchungsmethoden festgestellt. Die Übereinstimmungen zwischen den röntgenologischen und sonographischen Befunden war bei Abszessen, die sich im Zentrum der Lunge (7. und 8. Interkostalraum) befanden, gut. Eine schlechte Übereinstimmung wurde für die kranialen (3. bis 5. Interkostalraum) und kaudalen (10.-12. Interkostalraum) Areale der Lunge ermittelt.

Die Untersuchung zeigte, dass die röntgenologische Untersuchung des Thorax zur Diagnostik von Lungenabszessen im Vergleich zur Sonographie unter Praxisbedingungen ein aufwendiges und weniger sensibles Verfahren ist. Eine eindeutige Interpretation der Befunde gelang nur selten, somit war radiologisch oft keine eindeutige Diagnose möglich.

Die weniger invasive sonographische Untersuchung stellte sich dagegen außerdem als weniger aufwendig und unter Praxisbedingungen mit gutem Ergebnis einsetzbar dar. Insbesondere abszedierende Pneumonien sind damit erfassbar. Bei nicht eindeutigen sonographischen aber verdächtigen klinischen Befunden, sollte zusätzlich die Röntgendiagnostik eingesetzt werden.

7 Summary

Walther, Saskia Meike

Diagnostic of pulmonary abscesses in foals: comparison of sonographic and radiographic examination.

The aim of this study was to show the diagnostic value of sonographic and radiographic examination in abscess-forming pneumonia in foals. The main focus was to evaluate whether one or both of these techniques can detect pulmonary abscesses under field conditions in an early state of disease.

The investigation was performed on 65 foals on a warmblood horses stud in north Germany.

General examination, clinical pulmonary examination and the white blood cell count as well as diagnostic imaging were performed. The results of the sonographical and radiographical examination of the lungs of healthy and affected foals were compared later.

Using ultrasound the location and number of abscesses on each side of the thorax were evaluated. The location of pulmonary abscesses was determined by a coordinate system. No pulmonary abscesses were detected in 19 foals (group 1: healthy foals) which were clinically sound and had normal leucocytes count, whereas 90 lung abscesses were detected sonographically in 42 foals with suspected pulmonary disease (group 2). All foals of group 2 had abnormal clinical or haematological findings.

The radiographs were evaluated by three experienced veterinarians independently from each other and without the clinical findings of the foals. Using the same system as in the sonographical examination, the number and location of abscesses were documented. The radiographical diagnosis of an abscess was considered to be proven if at least two of the three observers agreed with the abscess being at the same location. This result was compared to the results of the sonographical findings using the coordinate system. In the 20 foals in which the observers agreed in the location of the abscess, 52 abscesses were detected by sonography and 27 by radiology. The location of the abscesses from sonography and radiology were identical in 21 cases.

These results show that in comparison to sonography the radiological examination is more time-consuming especially under field conditions, more expensive and less reliable. Since the experts infrequently agreed in the locations of the abscesses a definite diagnosis could rarely be made. Sonography is less invasive and time-consuming and seems more sensitive for the diagnosis of abscess forming pneumonias in foals.

Radiological examination should additionally be performed if the sonography was negative although the clinical signs and/or the white blood cell count lead to the suspicion of abscessing pneumonia. With this additional technique abscesses and lesions deep in the lung tissue may be detected.

8 Literaturverzeichnis

AINSWORTH, D.M. (1999)

Tutorial Article: *Rhodococcal* infections in foals.

Equine vet. Educ. 11, 191-198

AL-GRAIBAWI, M.A., SHARMA, V.K. und ALI, S.I. (1984)

Mastitis in a mare.

Vet. Rec. 115, 383

ALTHAUS, O.P. (2004)

Sonographie: Eine Hilfe zur Früherkennung von *Rhodococcus equi*-Pneumonie beim Fohlen.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation

ARDANS, A.A., HIETALA, S.K., SPENSLEY, M.S. und SANSOME, A. (1986)

Studies of naturally occurring and experimental *Rhodococcus equi* (*Corynebacterium equi*) pneumonia in foals.

Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 32,129-144

BARTLETT, J.G. (1992)

Lung abscess.

Cecil Textbook of Medicine, 19th edn. Eds: J. B. Wyngaarden, L.H. Smith and J.C.

Bennet, W.B. Saunders Co.

BARTON, M.D., und FULTON, J.C. (1980)

Antibiotic sensitivity of *Corynebacterium equi*.

Aust. Vet. J. 56, 339-342

BARTON, M.D., und HUGHES, K.L. (1980)

Corynebacterium equi: A review.

Vet. Bull. 50, 65-80

- BEECH, J., und SWEENEY, C.R. (1991)
Infections caused by bacteria, mycoplasmas, parasites and fungi.
Equine Respiratory Disorders, J. Beech, Ed., Lea and Febiger, Philadelphia, 181-194
- BERBAUM, K.S., FRANKEN, E.A. J., DORFMAN, D.D., ROOHOLAMINI, S.A.,
COFFMAN, C.E., CORNELL, S.H., GALVIN, J.R., HONDA, H. und KAO, S.C. (1992)
Time course of satisfaction of search.
Invest. Radiol. 27, 571-573
- BISPING, W., und GERBER, H. (1997)
Bakterielle Infektionskrankheiten.
Krankheiten des Pferdes; Hrsg: H.J. Wintzer; 2. Auflage, Paul Parey-Verlag, 509
- BLOBEL, H., WLEKLINSKI, C.G. und BLOBEL, K. (1980)
Zum Nachweis β -hämolyzierender *Streptococci* in Zervix- und Klitoris Tupferproben
von Stuten.
Tierärztl. Umschau 35, 626-630
- BOSCHWITZ, J.S., und TIMONEY, J.F. (1994 a)
Characterization of the antiphagocytic activity of equine fibrinogen for *Streptococcus equi* subsp. *equi*.
Microbiol. Pathol. 17, 121-129
- BOSCHWITZ, J.S., und TIMONEY, J.F. (1994 b)
Inhibition of the 3b deposition on *Streptococcus equi* subsp. *equi* by M protein: A
mechanism for survival in equine blood.
Infect. Immun. 62, 3515-3520
- BOLIG, H. (1976)
Die röntgenologischen Differentialdiagnosen von Lungenerkrankungen.
Internist. Praxis 16, 267-276

BOLZ, W. (1936)

Die röntgenologische Differenzierung des Lungenbildes beim Pferd

Deutsche Tierärztl. Wschr. 22, 394- 398

BRIDGE, P.D., und SNEATH, P.H.A. (1983)

Numerical taxonomy of *Streptococcus*.

J. General Microbiol. 129, 565-597

BRYANS, J.T., und MOORE, B.O. (1972)

Streptococcus and *Streptococcal* diseases: Recognition, Understanding and Management.

Wannamaker L.E. and Matson J.M. (eds) New York, Academic Press, 327

CHAPARAS, S.D., KRICHESKY, M.I. und BENEDICT, F.A. (1982)

Analysis of antigens of *Rhodococcus equi* species by rocket immunoelectrophoresis.

Int. J. Syst. Bacteriol. 32, 288-295

COHEN, N.D., CHAFFIN, M.K. und MARTENS, R. J. (2000)

Control and prevention of *Rhodococcus equi* pneumonia in foals.

Compend. Cont. Educ. Pract. Vet. 22, 1062-1070

COHEN N.D., CHAFFIN, M.K. und MARTENS, R.J. (2002)

How to prevent and control pneumonia caused by *Rhodococcus equi* at affected farms.

Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 48, 295-299

COHEN, N.D., SMITH, K.E., FICHT, T.A., TAKAI, S., LIBAL, M.C., WEST, B.R., DELROSARIO, L.S., BECU, T., LEADON, D.P., BUCKLEY, T., CHAFFIN, M.K. und MARTENS, R.J. (2003)

Epidemiologic study of results of pulsed- field gel electrophoresis of isolates of *Rhodococcus equi* obtained from horses and horse farms.

Am. J. Vet. Res. 64, 153-161

- CRAIG J.F., und DAVIES, G.O. (1940)
Corynebacterium equi in bovine pyometra.
Vet. J. 96, 417-419
- DIETZ, O., und LIETZKE, L.F. (2004)
„Lehrbuch der Allgemeinen Chirurgie für Tiermediziner“
Enke Verlag, Stuttgart, 193
- DIVERS, T.J., TIMONEY, J.F., LEWIS, R.M. und SMITH, C.A. (1992)
Equine glomerulonephritis and renal failure associated with complexes of *group- C streptococcal* antigen and IgG antibody.
Vet. Immunol. Immunopathol. 32, 93-102
- DONISI, A., SUARDI, M.G. und CASSARI, S. (1996)
Rhodococcus equi infection in HIV-infected patients.
AIDS 10, 359-362
- EISEN, L.A., BERGER, J.S., HEGDE, A. und SCHNEIDER, R.F. (2006)
Competency in chest radiography. A comparison of medical students, residents and fellows.
J. Gen. Intern. Med. 21, 460-465
- ELLENBERGER, M.A., und GENETZKY, R.M. (1986)
Rhodococcus equi infections: literature review.
Comp. Cont. Educ. pract. Vet. 8, 414-423
- ELLENBERGER, M.A., KAERBERLE, M.L. und ROTH, J.A. (1984)
Equine humoral immune response to *Rhodococcus (Corynebacterium) equi*.
Am. J. Vet. Res. 45, 2428-2430
- ELISSALDE, G.S., RENSCHAW, H.W. und WALBERG, J.A. (1980)
Corynebacterium equi: an interhost review with emphasis on the foal.
Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Disease 3, 433-445

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

FARROW, C.S. (1981a)

“Equine Thoracic Radiology”

J. Am. Vet. Med. Assoc. 179, 611-615

FARROW, C. S. (1981 b)

“Radiography of the equine thorax: anatomy and technic”

Vet. Radiol. 22, 62 - 68

FARROW, C. S. (1981c)

Radiographic aspects of inflammatory lung diseases in the horse.

Vet. Radiol. 22, 107-114

FARROW, J.A.E., und COLLINS M.D. (1984)

Taxonomic studies on *streptococci* of serological groups C, G and L and possibly related taxa.

System. Appl. Microbiol. 5, 483-493

FARROW, C.S. (1991)

Radiographic examination and interpretation.

Equine Respiratory disorders. Jill Beech (ed), Lea and Febiger, 102-119

GERBER, H. (1994)

Pferdekrankheiten, Band I: Innere Medizin einschließlich Dermatologie.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 397 ff

GIESE, W. (1997)

Kompodium der Physik für Veterinärmediziner.

Enke Verlag, Stuttgart, 292-296

GIGUÈRE, S. (2001)

Rhodococcus equi Pneumonia.

Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 47, 456-467

GIGUÈRE, S., HONDULAS, M. K. und YAGER, J.A. (1999)

Role of the 85- kilobase plasmid and plasmid-encoded virulence-associated protein A in intracellular survival and virulence of *Rhodococcus equi*.

Infect. Immun. 67, 3548-3557

GIGUÈRE, S., und LAVOIE, J.P. (1994)

Rhodococcus equi vertebral osteomyelitis in 3 Quarter Horse colts.

Equine Vet. J. 26, 74-77

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., WILKIE, B.N. und PRESCOTT, J.F. (1996)

Modulation of cytokine response of pneumonic foals by virulent *Rhodococcus equi*.

Infect. Immun. 67, 5041-5047

GIGUÈRE, S., HERNANDEZ, J., GASKIN, J., MILLER, C. und BOWMAN, J.L. (2003)

Evaluation of white blood cell concentration, plasma fibrinogen concentration, and an agar gel immunodiffusion test for early identification of foals with *Rhodococcus equi* pneumonia.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 222, 775-781

GOODFELLOW, M., und ALDERSON, G. (1977)

The actinomycete genus *Rhodococcus* : A home for the "rhodochrous" complex.

J. Gen. Microbiol. 100, 99-122

GRUNER, J., und SIEGERT, H. (1955)

Zur Röntgendiagnostik am Thorax des Großtieres

Tierärztl. Umschau 10, 20-25

HARTUNG K., und TELLHELM H. (2000)

„Der Weg zum guten Röntgenbild“

Enke Verlag, Stuttgart, 13-18

HARVEY, R.L., und SUNSTRUM, J.C. (1991)

Rhodococcus equi infections in patients with and without human *immunodeficiency virus* infection.

Rev. Infect. Dis. 13, 139-145

HAWARI, A.D., und SONNENSCHNEIDER, B. (1981)

Untersuchung zur Differenzierung von aus Geschlechtsorganen sowie Feten von Pferden isolierte β -hämolyisierende Streptococci.

Berl.-Münch. tierärztl. Wschr. 94, 101-103

HEYERS, P. (2004)

Vergleich des Nachweises von *Rhodococcus equi* durch mikrobiologische Kultur mit dem Nachweis durch die Polymerase Chain Reaction in endoskopisch entnommenem Tracheobronchialsekret bei Fohlen.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

HILLIDGE, C.J. (1986):

Review of *Corynebacterium (Rhodococcus) equi* lung abscesses in foals: pathogenesis, diagnosis and treatment.

Vet. Rec. 119, 261-264

HILLIDGE, C.J. (1987)

Use of erythromycin-rifampicin combination in treatment of *Rhodococcus equi* pneumonia.

Vet. Microbiol. 14, 337-342

HIRSH, D.W., und JANG, S.S. (1987)

Antimicrobial susceptibility of bacterial pathogens from horses.

Vet. Clin. North Am. 3, 181-190

HOFFMAN, A.M., VIEL, L. und PRESCOTT, J.F. (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

HOLTMAN, D.F. (1945)

Corynebacterium equi in chronic pneumonia of the calf.

J. Bacteriol. 49, 159-162

HONDALUS, M.K., DIAMOND, M.S. und ROSENTHAL, L.A. (1993)

The intracellular bacterium *Rhodococcus equi* requires Mac-1 to bind to mammalian cells.

Infect. Immun. 61, 2919-2929

HOROWITZ, M.L., COHEN, N.D. und TAKAI, S. (2001)

Application of Sartwell's model to age at onset and age at death of foals with *Rhodococcus equi* pneumonia and evidence of perinatal infection.

J. Vet. Int. Med. 15, 171-175

HUGHES, K.L., und SULAIMAN, I. (1987)

The ecology of *Rhodococcus equi* and physicochemical influences on growth.

Vet. Microbiol. 14, 214-250

JENSEN, H.L. (1934)

Studies on saprophytic *mycobacteria* and *corynebacteria*.

Proc. Linn. Soc. NSW 59, 19-66

- JORGENSEN, L., HOVIG, T., ROOSWELL, H. und MUSTARD, J. (1970)
Adenosine diphosphate-induced platelet aggregation and vascular injury in swine and rabbits.
Am. J. Pathol. 61, 161-176
- JUNG, C., und BOSTEDT, H. (2004)
Thoracic ultrasonography technique in newborn calves and description of normal and pathological findings.
Vet. radiol. ultrasound 45, 331-335
- KAMADA, M., und AKIYAMA, Y. (1975)
Studies on the distribution of *Streptococcus zooepidemicus* in equine respiratory tracts.
Experim. Rep. Equine Health Lab. 12, 53-63
- KANALY, S.T., HINES, S.A. und PALMER, G.H. (1996)
Transfer of CD4+ Th1 cell line to nude mice effects clearance of *Rhodococcus equi* from the lung.
Infect. Immun. 64, 1126-1132
- KING, G.K., MARTENS, R.J. und MC CALL, V.H. (1981)
Equine thoracic radiography. Part II. Radiographic patterns of equine pulmonary and pleural diseases using air-gap rare-earth radiographic.
Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 3, 278-282
- KNIGHT, H.D., und HIETALA, S. (1987)
Transtracheal aspiration revisited.
Ann. Vet. Medical Forum Ed.: P. Smith. Am. College of Vet. Intern. Med., 120-131
- KREMKAU, F.W. (1993)
Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments.
4th ed. Philadelphia, WB Saunders, 1993

- LAVOIE, J.P., COUTURE, L., HIGGINS, R. und LAVERTY, S. (1991)
Aerobic bacterial isolates in horses in a university hospital, 1986-1988.
Can. vet. J. 32, 292-294
- 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., ACKERMAN, N. und STZEIBEL-HARTLESS, C. (1998)
Respiratory diseases in the newborn foal: Radiographic and arterial blood gas findings.
Proceedings of the Secondary Dorothy Havemeyer Foundation Neonatal Sepsis Workshop, Boston 1998, 32
- LESTER, G.D., und LESTER, N.V. (2001)
Abdominal and thoracic radiography in the neonate.
Vet. Clin. Equine Practice 17/1, 19-46
- LUEHRMANN, A., MAUDER, N., SYDOR, T., FERNANDEZ-MORA, E., SCHULZE-LUEHRMANN, J., TAKAI, S. und HAAS, A. (2004):
Necrotic death of *Rhodococcus equi*-infected macrophages is regulated by virulence-associated plasmids.
Infect. Immun. 72, 853-862
- MAC DONALD, W.N., HALL, L.W. und JEFFCOTT, L.B. (1979)
Radiographic evidence of impaired pulmonary function in laterally recumbent anaesthetized horses.
Equine Vet. J. 11, 24 - 32
- MACKEY, V.S. (1983)
Equine pleuropneumonia: Radiology-diagnostic ultrasound-pleuroscopy.
Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 36, 75-80

MAGNUSSON, H. (1923)

Spezifische infektiöse Pneumonien beim Fohlen. Ein neuer Eitererreger beim Pferd.
Arch. Wiss. Prakt. Tierheilk. 50, 22-38

MAGNUSSON, H. (1938)

Pyæmia in foals caused by *Corynebacterium equi*.
Vet. Rec. 50, 1459-1468

MAIR, T.S., und GIBBS, C. (1990)

Thoracic radiography in the horse.
Practice 4, 8-10

MAIR, T.S., und SWEENEY, C.R. (1992)

The investigations of pleural effusions in the horse.
Equine Vet. Educ. 4, 70-74

MARTENS, R.J., KARTENS, J.G. und FISKE, R.A. (1989)

Rhodococcus equi foal pneumonia: protective effects of immune plasma in experimentally infected foals.
Equine Vet. J. 21, 249-255

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

MARTENS, R.J.; COHEN, N.D.; CHAFFIN, M.K.; TAKAI, S.; DOHERTY, C.L.,
ANGULO, A.B. und EDWARDS, R.F. (2002)

Rhodococcus equi Foal Pneumonia: Failure of serologic tests to accurately detect disease.

Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 48, 122-124

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

MEURER, D.G. (1999):

Purulente Entzündung.

Allgemeinen Pathologie; Kompendium für Veterinärmediziner, 1999

Schattauer Verlag Stuttgart; 128

MEYER-HAMME, M.B. (2004)

Rhodococcus equi und *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* aus Nasentupfern und Tracheobronchialsekret bei Fohlen.

Hannover, Tierärztlichen Hochschule, Dissertation

MILL, J., und PRANGE, H. (1968)

Das Röntgenbild als diagnostisches Hilfsmittel bei Erkrankungen im Bereich des Brustraumes und seine Bedeutung in der Großtierklinik.

Monatschr. Veterinärmed. 23, 382-388

MOORE, B.O., und BRYAN, J.T. (1969)

Antigenic classification of group C animal *streptococci*.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 155, 416-420

MORDARSKI, M., und GOODFELLOW, M. et al (1980)

Deoxyribonucleic acid reassociation in the classification of the genus *Rhodococcus* 1891 (approved lists).

Int. J. Syst. Bacteriol. 30, 521-527

MULLER, N.S., und MADIGAN, J.E. (1992)

Methods of implementation of an immunoprophylaxis program for the prevention of *Rhodococcus equi* pneumonia: Results of a 5-year field study.

Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 38, 193-201

MÜNZER, B. (1979)

Röntgendiagnostik der Thoraxorgane beim Pferd.

Tierärztl. Praxis 7, 475-488

OESTMANN, J.W., GREENE, R., KUSHNER, D.C., BOURGOUIN, P.M., LINETSKY, L. und LEEWELLYN, H.J. (1988)

Radiology 166, 451-453

OIKAWA, M., KAMADA, M., YOSHIKAWA, H. und YOSHIKAWA, T. (1994)

Pathology of equine pneumonia associated with transport and isolation of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*.

J. Comp. Pathol. 111, 205-212

OIKAWA, M., TAKAGI, S., ANZAI, R., YOSHIKAWA, H. und YOSHIKAWA, T. (1995)

Pathology of equine respiratory disease occurring in association with transport.

J. Comp. Pathol. 113, 29-43

OWENS, J.M. (1989)

Röntgenbildinterpretation für den Kleintierpraktiker.

Enke Verlag, Stuttgart, 90-94

PAUL, M. (2005)

Verlauf des *Rhodococcus equi*-Antikörpertiters beim Fohlen: Vergleich von Fohlen mit und ohne Anti-*Rhodococcus equi*-Hyperimmunserumgabe.

Hannover, Tierärztlichen Hochschule, Dissertation

PERKINS G.A., YEAGER A., ERB H.N., NYDAM D.V., DIVERS T.J. und BOWMAN J.L. (2001)

Survival of foals with experimentally induced *Rhodococcus equi* infection given either hyperimmune plasma containing *R. equi* antibody or normal equine plasma.

Vet. Therapeutics, 2, 334-346

PLAGEMANN, O. (1988)

Erregerisolierung aus Zervix-Tupferproben und Aborten von Stuten.

Prakt. Tierarzt. 69, 5-6 und 8-10

PLUM, N. (1940)

On *corynebacterial* infections in swine. Preliminary report.

Cornell Vet. 30, 14-20

POULSEN-NAUTRUP C., und TOBIAS R. (2001)

Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze.

3. Aufl. Schlütersche, Hannover

POWIS R.L. (1986)

Ultrasound science for the veterinarian.

Vet. Clin. North. Am. (Equine Practice) 2, 3-27

PRESCOTT, J.F. (1987)

Epidemiology of *Rhodococcus equi* Infection in horses.

Vet. Microbiol. 14, 211-214

PRESCOTT, J.F. (1991)

Rhodococcus equi: An animal and human pathogen.

Clin. Microbiol. Rev. 4, 20-34

PRESCOTT, J.F. (1993)

Immunodeficiency and serious pneumonia in foals: the plot thickens.

Equine vet. J. 25, 88-89

PRESCOTT, J.F., und HOFFMAN, A.M. (1993)

Rhodococcus equi.

Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 9, 375-383

PYCOCK, J.F., und ALLEN, W.E. (1989)

Die frühzeitige chemotaktische Reaktion des equinen Uterus auf entzündliche Entzündungsreize.

Tierärztl. Praxis Suppl. 4, 17-22

RANTANEN, N.W. (1981)

Ultrasound appearance of normal lung borders and adjacent viscera in the horse.

Vet. Radiol. 22, 217-219

RANTANEN, N.W. (1986)

Diseases of the thorax.

Vet. Clin. North Am. Eq. Prac. 2; 49-66

RANTANEN, N.W., GAGE, L. und PARADIS, M.R. (1981)

Ultrasonographie as a diagnostic aid in pleural effusion of horses.

Vet. Radiol. 22, 211-216

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

REEF, V.B. (1998)

Equine diagnostic ultrasound.

W. B. Saunders Company, Philadelphia

REEF, V.B. (1990)

Outcome and return to performance in horses with pleuropneumonia evaluated ultrasonographically.

Proceedings of the 8th Ann. Am. College of Vet. Intern. Med. Forum 1990, 573-575

REEF, V.B. (1991)

The use of diagnostic ultrasound in the horse.

Ultrasound Q. 9, 1-34

REEF, V.B. (1991a)

Ultrasonographic evaluation.

Beech J (ed): Equine Respiratory Disorders, Philadelphia, Lea und Febiger, 1991, 61-88

REIMER, J.M. (1990)

Diagnostic ultrasonography of the equine thorax.

Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 12, 1321-1327

REIMER, J.M.; REEF, V.B. und SPENCER, P.A. (1989)

Ultrasonography as a diagnostic aid in horses with anaerobic bacterial pleuropneumonia and/or with pulmonary abscessation: 27 cases (1984 - 1986).

J. Am. Vet. Med. Ass. 194, 278-282

RENDANO, V.T., und QUICK, C.B. (1979)

Radiographic Interpretation equine radiology- the thorax.

Modern Veterinary Practice 4, 51-54

ROTTA, J. (1986)

Pyogenic hemolytic *streptococci*.

Bergey's Manual of Systematic Bacteriology; Vol. 2, P.H.A. Sneath, Ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1046-1071

ROY, M.F., und LAVOIE, J.P. (2003)

Tools for the diagnosis of equine respiratory disorders.

Vet. Clin. Equine 19, 1-17

SANDE, R.D., und TUCKER, R.L. (2004)

Radiology of the equine lungs and thorax.

Equine Respiratory Diseases, P. Lekeux (ed)

- SANDERSON G.N., und O`CALLAGHAN M.W. (1983)
Radiographic anatomy of the equine thorax as a basis for radiological interpretation
New Zealand Veterinary Journal 31, 127-130
- SCHWERK, W.B. (1993)
Pleura und Lunge.
Ultraschalldiagnostik Lehrbuch und Atlas Braun, B., Günther, R. und Schwerk W.B.
(Hrsg.) 12. Ergänzungslieferung 11/93, Verlag Ecomed, Zürich, München
- SCHULTE, S. (2005)
Wirksamkeit von Hyperimmunserum zur Prophylaxe der *Rhodococcus-equi*-
Pneumonie beim Fohlen.
Hannover, Tierärztlichen Hochschule, Dissertation
- SELLON, D.C.; BESSER, T.E.; MCCONNICO, R.S. und VIVRETTE, S.L. (2000)
Diagnosis of *Rhodococcus equi* Pneumonia in Foals: PCR or culture.
Proceedings Ann. Congress Am. Ass. Equine Pract. 46, 268-269
- SELBITZ, H.J. (2002)
Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. Hrsg.: Rolle, und Mayr.
Enke Verlag, Stuttgart, 7. Auflage, 2002
- SKERMAN, V.B.D., MC GOWAN, V. und SNEATH, P.H.A. (1980)
Approved lists of bacterial names.
Int. J. Syst. Bacteriol. 30, 225
- STADLER, P. (1990)
Ultraschalluntersuchung des Thorax beim Pferd
Pferdeheilkunde 6, 213-228
- SUTER, P.F., und LORD, P.F. (1974)
Radiographic differentiation of disseminated pulmonary parenchymal diseases in
dogs and cats.
Vet. Clinics. North Am. 4, 687

- SWEENEY, C.R., SWEENEY, R.W. und DIVERS, T.J. (1987)
Rhodococcus equi pneumonia in 48 foals: Response to antimicrobial therapy.
Vet. Microbiol. 14, 329-336
- TAN, C., PRESCOTT, J.F. und PATTERSON, M.C. (1995)
Molecular characterization of a lipid-modified virulence-associated protein of
Rhodococcus equi and its potential in protective immunity.
Can. J. Vet. Res. 59, 51-59
- TAKAI, S. (1997)
Epidemiology of *Rhodococcus equi* infections: a review.
Vet. Microbiol. 56, 167-176
- TAKAI, S., FUKUNAGA, N. und OCHIAI, S. (1996)
Isolation of virulent and intermediate virulent *Rhodococcus equi* from soil and sand
on parks and yards in Japan.
J. Vet. Med. Sci. 58, 669-672
- TAKAI, S., IIMORI, S. und TSUBAKI, S. (1986)
Quantitative fecal culture for early diagnosis of *Corynebacterium (Rhodococcus) equi*
Enteritis in foals.
Can. J. Vet. Res. 50, 479-484
- TAKAI, S., OHBUSHI, S. und KOIKE, K. (1991)
Prevalance 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., SASAKI, Y. U. und TSUBAKI, S. (1995)
Rhodococcus equi infections in foal. Current concepts and implication for future
research.
J. Equine Vet. Sci. 6, 105-119

TAKAI, S., und TSUBAKI, S. (1985)

The incidence of *Rhodococcus (corynebacterium) equi* in domestic animals and soil.
Jpn. J. Vet. Sci. 47, 493-496

TIMONEY, J.F. (1991)

The role of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* in lower respiratory tract infections of foals.

Equine Infect. Diss. 4, 79

TIMONEY, J.F. (2004)

The pathogenic equine *streptococci*.

Vet. Res. 35, 397-409

TIMONEY, J.F., WALKER, J. und ZHOU, M. (1995)

Cloning and sequence analysis of a protective M-like protein gene from *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*.

Infect. Immun. 63, 1440-1445

VIEL, L., und HOFFMAN, A.M. (1995)

Respiratory disorders in weanlings and yearlings.

Swiss. Vet. 11, 38-39

VENNER, M. (2003)

Akute interstitielle Pneumonie beim Pferd –Experimentelle Induktion mit Perilla-Keton
Hannover, Tierärztliche Hochschule, PhD-These

WADA, R., KAMADA, M. und ANZAI, T. (1997)

Pathogenicity and virulence of *Rhodococcus equi* in foals following intratracheal challenge.

Vet. Microbiol. 56, 301-312

- WALKER, J.A., und TIMONEY, J.F. (1998)
Molecular basis of variation in protective SzP proteins of *Streptococcus zooepidemicus*.
Am. J. Vet. Res. 59, 1129-1133
- WARNER, A.E. (1990 a)
Bacterial pneumonia in adult horses.
Large Animal Internal Medicine, Ed: B.P. Smith, C.V. Mosby Co, St.-Louis., 505-511
- WARNER, A.E. (1990 b)
Bacterial pneumonia in foals .
Large Animal Internal Medicine, Ed: B.P. Smith, C.V. Mosby Co, St.- Louis.. 511-515
- WELSH, R.D. (1984)
The significance of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* in the horse.
Equine Pract. 6, 6-16
- WILSON, M.M. (1955)
A study of *Corynebacterium equi* infections in Thoroughbred horses in Victoria.
Aust. Vet. J. 31, 175-181
- WINKLER, C. (1974)
Beitrag zur Prophylaxe und Therapie der „Fohlenlähme“.
Prakt. Tierarzt 54, 54
- WINTER, D. (1995)
Genetische Disposition von Gliedmaßenkrankungen bei Reitpferden
Göttingen, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Georg-August-Universität,
Dissertation
- WINTZER, H.J. (1997)
Krankheiten des Pferdes, 2. Auflage
Parey Verlag Berlin, 94-96

WOOD, J.L.N., BURRELL, M.H., ROBERTS, C.A., CHANTER, N. und SHAW, Y. (1993)

Streptococci and *Pasteurella* subsp. associated with disease of the equine lower respiratory tract.

Equine vet. J. 25, 314-318

WOOLCOCK, J. B., und MUTIMER, M. D. (1978)

The capsules of *Corynebacterium equi* and *Streptococcus equi*.

J. Gen. Microbiol. 109, 127-130

YAGER, J.A., PRESCOTT, C.A. und KRAMAR, D.P. (1991)

The effect of experimental infection with *Rhodococcus equi* on immunodeficient mice.

Vet. Microbiol. 28, 363-376

YATES, W.D.G. (1988)

Pneumonias of sheep and goats.

Special Veterinary Pathology (Thomson, R.G. ed.) B.C. Decker Inc., Toronto, 97-98, 103-104

YOSHIKAWA, H., YASU, T., UEKI, H., OYAMADA, T., OISHI, H., ANZAI, T., OIKAWA, M. und YOSHIKAWA, T. (2003)

Pneumonia in horses induced by intrapulmonary inoculation of *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus*.

J. Vet. Med. Sci. 65, 787-792

ZERTUCHE, J.M.L., und HILLIDGE, C.J. (1987)

Therapeutic considerations for *Rhodococcus equi* pneumonia in foals.

Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 9, 965-971

ZINK, M.C., YAGER, J.A. und PRESCOTT, J.F. (1987)

Electron microscopic investigation of intracellular events after ingestion of *Rhodococcus equi* by foal alveolar macrophages.

Vet. Microbiol. 14, 295-305

ZINK, M.C., YAGER, J.A., PRESCOTT, J.F. und WILKIE, B.N. (1985)

In vitro phagocytosis and killing of *Corynebacterium equi* by alveolar macrophages of foals.

Am. J. Vet. Res. 46, 2171-2174

ZINK, M.C., YAGER, J.A. und SMART, N.L. (1986)

Corynebacterium equi infections in horses, 1958-1984: A review of 131 cases.

Can. J. Vet. Res. 27, 213-217

9 Anhang

9.1 Beurteilungsbogen Röntgenbild

Beurteiler:

Datum

Stuten Nr.:

Datum:

| | 15. | 14. | 13. | 12. | 11. | 10. | 9. | 8. | 7. | 6. | 5. | 4. |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| A | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | |
| rechts | | | | | | | | | | | | |

| | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. |
|-------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | |
| links | | | | | | | | | | | | |

1.) Beurteilung der Bildqualität:

| links | rechts |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> gut | <input type="checkbox"/> gut |
| <input type="checkbox"/> ausreichend | <input type="checkbox"/> ausreichend |
| <input type="checkbox"/> mäßig: Mängel: | <input type="checkbox"/> mäßig: Mängel: |
| | |
| | |
| | |

2.) Beurteilung der Trachea:

| links | rechts |
|--|--|
| Trachea: obB | Trachea: obB |
| Trachea nach dorsal verlagert | Trachea nach dorsal verlagert |
| Verdacht auf vergrößerte Lnn. Bifurcationes | Verdacht auf vergrößerte Lnn. Bifurcationes |
| Trachea komprimiert | Trachea komprimiert |

3.) Beurteilung der Lunge:

Bitte die zutreffenden Befunde ankreuzen.

| links | rechts |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Bronchitis: ggr. mgr. hgr. | <input checked="" type="checkbox"/> Bronchitis: ggr. mgr. hgr. |
| <input type="checkbox"/> interstitielle Pneumonie ggr. mgr. hgr. | <input type="checkbox"/> interstitielle Pneumonie ggr. mgr. hgr. |
| <input type="checkbox"/> Bronchopneumonie ggr. mgr. hgr. | <input type="checkbox"/> Bronchopneumonie ggr. mgr. hgr. |

Bitte die Läsionen direkt in das Diagramm eintragen, mit Angabe des Interkostalraumes und der Größe der Veränderung in mm.

4.) Abszessdiagnostik:

| links | rechts |
|-------|--------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Andere Befunde:

.....

Legende:**Bronchitis**

(verstärkte Bronchienwände: ringförmige Strukturen oder parallel verlaufende weiße Linien- Straßenbahnschienen)

interstitielle Pneumonie

(diffuse Lungenverdichtung, verwaschene Bronchienzeichnung und unscharfe Gefäßränder, verstreute, schlecht begrenzte Knötchen, generalisierte Verdichtung der Lunge ohne Luftbronchogramme)

Bronchopneumonie

(gemischtes Lungenbild, besonders alveoläre Lungenzeichnung: multiple unscharfbegrenzte Verdichtungen, vor allem in den ventralen Lungenbezirken)

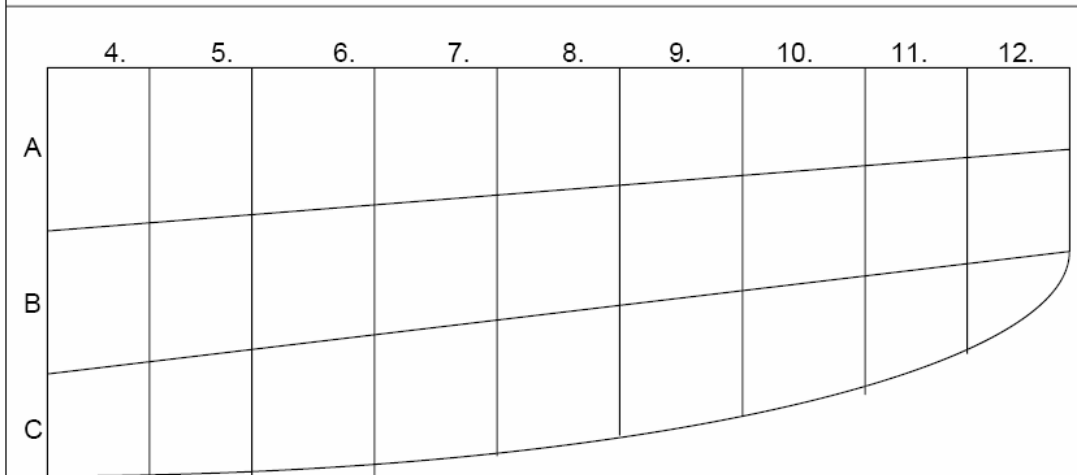
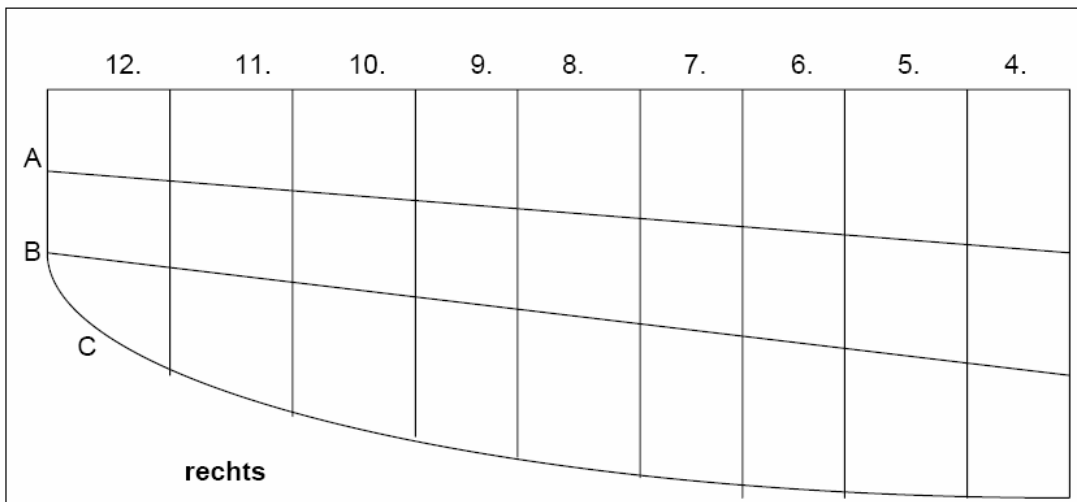
Abszesse:

- A** lokalisierte, gut begrenzte Verdichtung (Größe= x)
- B** lokalisierte, unscharf begrenzte Verdichtung (Größe= x)
- C** herdförmig, aufgehellte kavernenartige Läsion (Größe= x)

9.2 Befundbogen Ultraschall

Ultraschalluntersuchung der Lunge

| | | | |
|---------------------|-------|--------|-------------------|
| Stutennummer, Stall | Datum | Gruppe | Untersuchung Nr.: |
|---------------------|-------|--------|-------------------|



links

behandelt ab mit

Nachkontrolle am: Untersucher:

Gerät:

Sonstiges:

9.3 Allgemeine Daten der Probanden

| Fohlen-Nr. | Gruppe | Geschlecht | Alter [Tage] | Leukozyten | Klin. Score | Gewicht | Groesse [m] | kV | mAs | Endoskopie |
|------------|--------|------------|--------------|------------|-------------|---------|-------------|----|------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 48 | 8 800 | 2 | 120 | 1.16 | 76 | 0.05 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 51 | 7 300 | 0 | 118 | 1.16 | 76 | 0.08 | 0 |
| 3 | 1 | 2 | 54 | 11 900 | 0 | 142 | 1.26 | 76 | 0.1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 46 | 6 300 | 0 | 125 | 1.2 | 76 | 0.09 | 0 |
| 5 | 1 | 2 | 51 | 4 400 | 2 | 122 | 1.18 | 76 | 0.09 | 0 |
| 6 | 1 | 2 | 44 | 9 600 | 1 | 142 | 1.22 | 76 | 0.09 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 53 | 8 800 | 0 | 138 | 1.28 | 76 | 0.09 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 50 | 12 300 | 1 | 105 | 1.2 | 76 | 0.07 | 0 |
| 9 | 1 | 2 | 36 | 6 700 | 0 | 131 | 1.18 | 76 | 0.1 | 0 |
| 10 | 1 | 2 | 8 | 8 000 | 2 | 118 | 1.12 | 76 | 0.08 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | 48 | 11 100 | 2 | 115 | 1.1 | 76 | 0.07 | 0 |
| 12 | 1 | 2 | 30 | 10 600 | 1 | 120 | 1.14 | 76 | 0.07 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 30 | 5 400 | 0 | 110 | 1.11 | 76 | 0.07 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 30 | 4 300 | 0 | 115 | 1.13 | 76 | 0.07 | 0 |
| 15 | 1 | 2 | 122 | 11 000 | 0 | 190 | 1.31 | 82 | 0.05 | 0 |
| 16 | 1 | 2 | 91 | 11 900 | 1 | 190 | 1.33 | 82 | 0.05 | 0 |
| 17 | 1 | 2 | 106 | 11 000 | 0 | 180 | 1.32 | 82 | 0.05 | 0 |
| 18 | 1 | 2 | 108 | 12 700 | 1 | 160 | 1.3 | 80 | 0.05 | 0 |
| 19 | 1 | 2 | 105 | 8 800 | 0 | 155 | 1.26 | 80 | 0.05 | 0 |
| 20 | 2 | 1 | 37 | 14 100 | 1 | 126 | 1.16 | 76 | 0.08 | 3 |
| 21 | 2 | 1 | 70 | 8 900 | 2 | 130 | 1.22 | 76 | 0.08 | 0 |
| 22 | 2 | 2 | 43 | 14 000 | 2 | 102 | 1.09 | 76 | 0.05 | 2 |
| 23 | 2 | 1 | 46 | 16 100 | 2 | 120 | 1.2 | 76 | 0.05 | 1 |
| 24 | 2 | 1 | 55 | 15 800 | 3 | 130 | 1.23 | 76 | 0.08 | 3 |
| 25 | 2 | 2 | 47 | 9 500 | 7 | 125 | 1.21 | 76 | 0.08 | 0 |
| 26 | 2 | 1 | 46 | 9 500 | 2 | 135 | 1.2 | 76 | 0.08 | 3 |
| 27 | 2 | 1 | 121 | 14 500 | 1 | 200 | 1.38 | 82 | 0.05 | 3 |
| 28 | 2 | 2 | 45 | 16 000 | 2 | 100 | 1.12 | 76 | 0.05 | 3 |
| 29 | 2 | 1 | 48 | 16 700 | 2 | 115 | 1.13 | 76 | 0.08 | 2 |
| 30 | 2 | 1 | 47 | 14 500 | 3 | 125 | 1.2 | 76 | 0.08 | 0 |
| 31 | 2 | 1 | 131 | 15 800 | 3 | 170 | 1.37 | 84 | 0.05 | 1 |
| 32 | 2 | 2 | 86 | 18 400 | 1 | 140 | 1.24 | 80 | 0.05 | 0 |
| 33 | 2 | 1 | 69 | 16 600 | 2 | 145 | 1.3 | 82 | 0.05 | 1 |
| 34 | 2 | 2 | 69 | 22 900 | 2 | 120 | 1.21 | 78 | 0.05 | 2 |
| 35 | 2 | 2 | 84 | 15 200 | 1 | 138 | 1.27 | 80 | 0.05 | 2 |
| 36 | 2 | 2 | 75 | 20 600 | 2 | 125 | 1.2 | 78 | 0.05 | 0 |
| 37 | 2 | 1 | 111 | 16 600 | 2 | 170 | 1.3 | 82 | 0.05 | 2 |
| 38 | 2 | 2 | 30 | 13 000 | 2 | 115 | 1.14 | 76 | 0.05 | 1 |
| 39 | 2 | 1 | 148 | 10 800 | 2 | 160 | 1.33 | 82 | 0.05 | 3 |
| 40 | 2 | 1 | 123 | 13 500 | 3 | 170 | 1.32 | 82 | 0.05 | 3 |
| 41 | 2 | 1 | 124 | 11 100 | 0 | 170 | 1.35 | 82 | 0.05 | 2 |
| 42 | 2 | 2 | 98 | 15 900 | 1 | 148 | 1.28 | 80 | 0.05 | 0 |
| 43 | 2 | 2 | 91 | 17 700 | 0 | 140 | 1.26 | 78 | 0.05 | 0 |
| 44 | 2 | 1 | 82 | 30 700 | 3 | 130 | 1.22 | 80 | 0.05 | 0 |
| 45 | 2 | 2 | 91 | 14 700 | 2 | 140 | 1.25 | 78 | 0.05 | 3 |
| 46 | 2 | 1 | 69 | 18 500 | 1 | 123 | 1.23 | 78 | 0.05 | 3 |
| 47 | 2 | 2 | 90 | 11 000 | 1 | 145 | 1.28 | 80 | 0.05 | 2 |
| 48 | 2 | 2 | 69 | 15 000 | 1 | 120 | 1.2 | 76 | 0.05 | 0 |
| 49 | 2 | 1 | 91 | 12 200 | 0 | 140 | 1.24 | 78 | 0.05 | 0 |

| Fohlen-Nr. | Gruppe | Geschlecht | Alter [Tage] | Leukozyten | Klin. Score | Gewicht | Groesse [m] | kV | mAs | Endoskopie |
|------------|--------|------------|--------------|------------|-------------|---------|-------------|----|------|------------|
| 50 | 2 | 2 | 96 | 14 300 | 2 | 120 | 1.2 | 78 | 0.05 | 0 |
| 51 | 2 | 1 | 112 | 17 700 | 2 | 130 | 1.2 | 78 | 0.05 | 0 |
| 52 | 2 | 1 | 118 | 14 200 | 3 | 190 | 1.37 | 82 | 0.05 | 0 |
| 53 | 2 | 1 | 87 | 14 400 | 2 | 135 | 1.2 | 76 | 0.05 | 0 |
| 54 | 2 | 1 | 80 | 15 200 | 1 | 155 | 1.32 | 78 | 0.05 | 0 |
| 55 | 2 | 1 | 41 | 16 800 | 1 | 100 | 1.11 | 74 | 0.05 | 0 |
| 56 | 2 | 2 | 84 | 17 100 | 2 | 140 | 1.25 | 78 | 0.05 | 3 |
| 57 | 2 | 2 | 88 | 16 000 | 0 | 135 | 1.25 | 78 | 0.05 | 0 |
| 58 | 2 | 1 | 66 | 9 500 | 2 | 100 | 1.15 | 72 | 0.05 | 0 |
| 59 | 2 | 2 | 89 | 19 900 | 2 | 170 | 1.31 | 78 | 0.05 | 0 |
| 60 | 2 | 2 | 89 | 17 800 | 0 | 155 | 1.27 | 76 | 0.05 | 0 |
| 61 | 2 | 1 | 82 | 27 500 | 0 | 150 | 1.27 | 76 | 0.05 | 0 |
| 62 | 2 | 2 | 86 | 15 700 | 0 | 165 | 1.32 | 80 | 0.05 | 1 |
| 63 | 2 | 1 | 77 | 25 900 | 2 | 150 | 1.3 | 78 | 0.05 | 0 |
| 64 | 2 | 2 | 105 | 23 900 | 2 | 175 | 1.3 | 82 | 0.05 | 3 |
| 65 | 2 | 1 | 56 | 16 700 | 5 | 135 | 1.24 | 78 | 0.05 | 2 |

9.4 Anzahl der diagnostizierten Lungenabszesse nach rechter und linker Thoraxaufnahme getrennt und die Übereinstimmungen zwischen den beiden Seiten

| Fohlen | Betrachter 1 | | | Betrachter 2 | | | Betrachter 3 | | |
|---------------|--------------|-----------|---------------------------|--------------|-----------|---------------------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| | li | re | Üb | li | Re | Üb | li | re | Üb |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| 12 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 17 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| 18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Summe: | 26 | 17 | 14 (32%) | 27 | 25 | 15 (29%) | 44 | 36 | 22 (27,5%) |

Legende: li: linke Thoraxaufnahme; re: rechte Thoraxaufnahme;

Üb: Übereinstimmung der Lokalisation der diagnostizierten Lungenabszesse rechte und linke Thoraxaufnahme

9.5 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Ultraschallbild eines Kometenschweifechos | 36 |
| Abb. 2: Ultraschallbild eines pleuranahen pneumonisch veränderten Bereiches | 36 |
| Abb. 3: Ultraschallbild eines Lungenabszesses..... | 37 |
| Abb. 4: Klinischer Score bei den Fohlen ohne sonographische Befunde (Gruppe 1; n=19) und der Fohlen mit sonographisch diagnostizierten Lungenabszessen (Gruppe 2; n=46) | 43 |
| Abb. 5: Anzahl (n=90) und Verteilung der sonographisch darstellbaren Lungenabszesse bei lungenkranken Fohlen (Gruppe 2; n=46) | 45 |
| Abb. 6: Lokalisationen der 41 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 1) | 52 |
| Abb. 7: Lokalisationen der 63 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 2) | 52 |
| Abb. 8: Lokalisationen der 114 Lungenabszesse (Röntgen Betrachter 3) | 53 |
| Abb. 9: Anzahl und Verteilung der radiologisch und sonographisch ermittelten Lungenabszesse bei 21 Fohlen mit radiologisch deutlich erkennbaren abgegrenzten Verschattungen | 57 |

9.6 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tab. 1: Klinischer Score zur Beurteilung des Schweregrads der klinischen respiratorischen Symptome (nach Ohnesorge et al., 1998) | 34 |
| Tab. 2: Anzahl, Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht der Fohlen zum Zeitpunkt der Untersuchung | 42 |
| Tab. 3: Lokalisationen der 45 sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite | 46 |
| Tab. 4: Lokalisationen der 45 sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite | 46 |
| Tab. 5: Verteilung der prozentualen Mittelwerte der Röntgenbildbewertung | 47 |
| Tab. 6: Verteilung der Häufigkeiten einzelner Diagnosen nach rechter und linker Röntgenaufnahme getrennt | 48 |
| Tab. 7: Lokalisationen der 16 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 1) | 49 |
| Tab. 8: Lokalisationen der 25 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 1) | 49 |
| Tab. 9: Lokalisationen der 31 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 2) | 50 |
| Tab. 10: Lokalisationen der 32 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 2) | 50 |
| Tab. 11: Lokalisationen der 51 diagnostizierten Lungenabszesse der rechten Thoraxseite (Betrachter 3) | 51 |
| Tab. 12: Lokalisationen der 63 diagnostizierten Lungenabszesse der linken Thoraxseite (Betrachter 3) | 51 |
| Tab. 13: Übereinstimmungen zwischen den Befunden der rechten und linken Thoraxaufnahmen | 55 |
| Tab. 14: Lokalisationen der 27 Lungenabszesse, die von mindestens zwei der drei Betrachter an der gleichen Lokalisation diagnostiziert wurden | 56 |
| Tab. 15: Übersicht über die Lokalisationen der radiologisch und sonographisch diagnostizierten Lungenabszesse bei 21 Fohlen | 58 |

Danksagung

Herrn Prof. Dr. P. Stadler möchte ich für die Überlassung des sehr interessanten Dissertationsthemas danken.

Frau Dr. M. Venner danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung und Anfertigung der Arbeit und für die vielen Stunden, die wir vor dem Röntgenshirm verbrachten und die uns die Auswertung der Ergebnisse gekostet hat.

Ein herzlicher Dank auch an Frau Dr. B. Münzer für die Beurteilung der Röntgenbilder.

Ein großes Dankeschön an ALLE Mitarbeiter des Gestüts Lewitz für die freundliche Unterstützung und die nette Zusammenarbeit. An dieser Stelle ein besonderer Dank an Herrn F. Pieper, der für optimale Bedingungen während der Durchführung der Arbeit sorgte.

Ein ganz besonderer Dank geht an Axel, Nina, Birte, Ina, Inke, Annika und Bianca, die mir beim Röntgen und Schallen der Fohlen halfen und ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht durchführbar gewesen wäre. Tausend Dank für den schönen Sommer und die tolle Zusammenarbeit mit Euch im Team. Es hat richtig Spaß gemacht. An dieser Stelle auch ein herzlicher Dank an Eric, der mich bei röntgentechnischen Fragen stets unterstützte und meine Auffassungen zum Thema Strahlenschutz maßgeblich prägte.

Ein ganz besonderer Dank geht an Daphne und Viktoria, die mich in der Zeit des Zusammenschreibens auf ganz besondere Weise unterstützen. Danke für die schöne und nicht immer ganz einfache aber unvergessliche Zeit mit Euch und für Eure Freundschaft.

Ein riesiges Dankeschön auch an Torben, der mir bei der statistischen Auswertung und der Formatierung half, mich motivierte und zu jeder Tag- und Nachtzeit aufmunternde Worte parat hatte („Du machst das schon“...- Du hoffentlich auch!!!). Ohne Dich wäre die Arbeit nie fertig geworden- tausend Dank

Danke auch an Frauke für die schönen Abende bei Dir und die aufmunternden Worte. Ein herzlicher Dank auch an Sanne und Enno, die mir bei den Graphiken halfen und mich aufbauten.

Ich danke auch meinen drei Chefs (Dr. K. E. Schlichting, Dr. M. Lübbecke und Dr. K. Schreiber), die mich immer wieder motivierten, aufmunterten und mir frei gaben um die Arbeit fertig zu stellen.

Ein ganz besonders herzlicher Dank geht an meine Eltern, die mir das Studium und auch die Doktorarbeit ermöglichten. Ich danke Euch von ganzem Herzen für Eure Unterstützung und Euer Verständnis.

Ein besonderer Dank an dieser Stelle auch an meine Großeltern, die stets ein offenes und verständnisvolles Ohr für mich haben und mich immer in all meinen Vorhaben unterstützen.