

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Feldstudie zum Einfluss herdenspezifischer Risikofaktoren für
die Infektion mit *Mycoplasma hyopneumoniae* bei Saugferkeln
in Norddeutschland**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin

- Doctor medicinae veterinariae -

(Dr. med. vet.)

vorgelegt von

Henrike Wöste

Friesoythe

Hannover 2011

Wissenschaftliche Betreuung: Apl. Prof. Dr. E. große Beilage
Außenstelle für Epidemiologie Bakum

1. Gutachter: Apl. Prof. Dr. E. große Beilage

2. Gutachter: Univ. Prof. Dr. M. Hoedemaker

Tag der mündlichen Prüfung: 17.11.2011

„Erfahrung trügt nie“

Leonardo da Vinci

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen

1. Einleitung	1
2. Literatur	3
2.1. <i>Erregereigenschaften</i>	3
2.2. <i>Epidemiologie</i>	5
2.2.1. <i>Verbreitung des Erregers</i>	5
2.2.2. <i>Erregerübertragung und -verbreitung</i>	6
2.2.3. <i>Pathogenese und Einfluss der Immunreaktion auf den Verlauf der Infektion</i>	8
2.2.4. <i>Risikofaktoren für die Erregerübertragung</i>	9
2.3. <i>Krankheitsbild der Enzootischen Pneumonie</i>	12
2.4. <i>Diagnostik</i>	13
2.4.1. <i>Direkter Erregernachweis</i>	13
2.4.2. <i>Indirekter Erregernachweis</i>	16
2.5. <i>Maßnahmen zur Reduzierung der Erregerübertragung</i>	18
2.5.1. <i>Management und Haltung</i>	18
2.5.2. <i>Antibiotische Behandlung</i>	20
2.5.3. <i>Impfungen</i>	21
2.6. <i>Epidemiologische Untersuchungen mit Hilfe von Fragebögen</i>	24
2.6.1. <i>Planung</i>	24
2.6.2. <i>Validierung des Fragebogens</i>	26
2.6.3. <i>Durchführung des Interviews</i>	26
3. Material und Methoden	29
3.1. <i>Fragebogen</i>	30
3.1.1. <i>Entwicklung des Fragebogens</i>	30

3.1.2.	Validierung des Fragebogens	35
3.1.3.	Kodierung.....	36
3.2.	Auswahl von Beständen.....	37
3.3.	Datenerhebung / Bestandsuntersuchung.....	38
3.3.1.	Datenerhebung	38
3.3.2.	Probenentnahme.....	39
3.4.	Untersuchung der Nasentupfer auf Genomfragmente von <i>M. hyopneumoniae</i>	40
3.4.1.	Vorbereitung der Proben.....	40
3.4.2.	Extraktion der DNA	41
3.4.3.	Nachweis der Genomfragmente von <i>M. hyopneumoniae</i>	42
3.4.3.1	Herstellung des Mastermixes.....	42
3.4.3.2	Reaktionsansatz	45
3.5.	Erstellung einer elektronischen Datenbank.....	47
3.6.	Auswertung	51
4.	Ergebnisse	53
4.1.	Nachweis spezifischer Genomfragmente von <i>M. hyopneumoniae</i>	53
4.2	Ergebnisse der epidemiologischen Charakterisierung.....	58
4.2.1	Allgemeine Angaben zu den Beständen.....	58
4.2.2	Management in den Beständen.....	62
4.2.3	Haltungsbedingungen in den Beständen.....	70
4.2.4	Impfkonzepte	75
4.2.5	Behandlungen	86
4.3	Statistische Auswertung.....	91
4.3.1	Univariable logistische Regression.....	91
4.3.2	Multivariable logistische Regression.....	91
4.3.2.1	Allgemeine Herden- und Managementparameter	92
4.3.2.2	Hygienemaßnahmen.....	93

4.3.2.3 Haltung der Saugferkel	95
4.3.2.4 Routinemäßige Behandlungen der Saugferkel	96
4.3.2.5 Haltung der Aufzuchtferkel.....	99
4.3.2.6 Eingliederungsmanagement	100
4.3.2.7 Behandlungen der Remonten	101
5 Diskussion	103
5.1 Nachweis von <i>M. hyopneumoniae</i> mittels PCR	105
5.2 Risikofaktorenanalyse	108
5.3 Schlussfolgerungen.....	113
6. Zusammenfassung.....	117
7. Summary	121
8. Literaturverzeichnis	123
9. Anhang	144
Abbildungsverzeichnis	181
Tabellenverzeichnis	182

Verzeichnis der Abkürzungen

µl	Mikro <u>l</u> iter (x10 ⁻⁶)
µm	Mikro <u>m</u> eter (x10 ⁻⁶)
µM	mikro <u>m</u> olar (x 10 ⁻⁶)
Abb.	<u>A</u> bbildung
APP	<u>A</u> ctinobacillus <u>p</u> leuropneumoniae
BALF	<u>b</u> ronchoalveoläre <u>L</u> avage <u>f</u> lüssigkeit
bspw.	<u>b</u> eis <u>s</u> piels <u>w</u> eise
bzw.	<u>b</u> e <u>z</u> iehungs <u>w</u> eise
ca.	<u>c</u> irca
CI	<i>confidence intervall</i>
d.h.	<u>d</u> as <u>h</u> eißt
DNA	<u>d</u> esoxyribo <u>n</u> ucleid <u>a</u> cid
EDTA	<u>e</u> thylene- <u>d</u> iamine- <u>t</u> etra <u>a</u> cetic <u>a</u> cid
ELISA	<u>e</u> nzyme- <u>l</u> inked <u>i</u> mmuno <u>s</u> orbent <u>a</u> ssay
etc.	<u>e</u> t <u>c</u> etera
evtl.	<u>e</u> vent <u>u</u> ell
ggf.	<u>g</u> egebenenfalls
GVO	<u>g</u> entechnisch <u>v</u> eränderter <u>O</u> rganismus
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
i.d.R.	<u>i</u> n <u>d</u> er <u>R</u> egel
IFT	<u>I</u> mmun <u>f</u> luoreszenz <u>t</u> est
IHC	<u>I</u> mmun <u>h</u> isto <u>c</u> hemie
inkl.	<u>i</u> nklusiv
IPC	<i>internal positive control</i>
kg	<u>K</u> ilogramm
km	<u>K</u> ilome <u>t</u> er
Min.	<u>M</u> inuten

ml	<u>M</u> illiliter ($\times 10^{-3}$)
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
ng	<u>N</u> anogramm ($\times 10^{-9}$)
nM	<u>n</u> anomolar ($\times 10^{-9}$)
OR	<u>o</u> dds <u>r</u> atio
PCR	<u>p</u> olymerase <u>c</u> hain <u>r</u> eaction
PCV2	<u>P</u> orzines <u>C</u> ircovirus Typ 2
p.i.	<u>p</u> ost <u>i</u> nfectionem
PRDC	<u>p</u> orcine <u>r</u> espiratory <u>d</u> isease <u>c</u> omplex
PRRSV	<u>p</u> orcine <u>r</u> eproductive and <u>r</u> espiratory <u>s</u> yndrome <u>v</u> irus
rDNA	ribosomale DNA
rpm	<u>r</u> ounds <u>p</u> er <u>m</u> inute
resp.	<u>r</u> espektive
Sek.	<u>S</u> ekunden
SIV	<u>s</u> wine <u>i</u> nfluenza <u>v</u> irus
Std.	<u>S</u> tunden
TE-Puffer	<u>T</u> ris- <u>E</u> DTA-Puffer
u.g.	<u>u</u> nten genannten
vs.	<u>v</u> ersus
z.B.	<u>z</u> um <u>B</u> eispiel
°C	Grad celsius
<	kleiner als
>	größer als
≤	kleiner / gleich
≥	größer / gleich

1. Einleitung

Mycoplasma (M.) hyopneumoniae, der ätiologisch obligate Erreger der Enzootischen Pneumonie beim Schwein, ist nahezu weltweit verbreitet und verursacht erhebliche ökonomische Schäden in der Schweineproduktion. Die Erkrankung führt zu geringeren Wachstumsraten, einem reduzierten Futterumsatz und zu erhöhten Kosten durch vermehrte Arzneimittelanwendung während der Aufzucht (DEE 1997). Die Enzootische Pneumonie zählt, bedingt durch die endemische Infektion in den meisten Schweineherden, weltweit zu den größten Gesundheitsproblemen in der Schweineproduktion (MAES et al. 2008).

Das typische, klinische Symptom der Erkrankung ist ein trockener, unproduktiver Husten bei Läufer- und/oder Mastschweinen. Während die Morbidität i.d.R. recht hoch ist, fällt die Mortalität meist gering aus (THACKER 2006). Die Enzootische Pneumonie gilt als Faktorenkrankheit, wobei besonders Management, Hygiene und Impfung gegen *M. hyopneumoniae* den Schweregrad und Verlauf der Erkrankung beeinflussen (STAERK et al. 1999; MAES et al. 2000). Auch die Virulenz des Erregerstammes, mit dem die Schweine infiziert sind, ist für die Entwicklung des Krankheitsgeschehens von Bedeutung (VICCA et al. 2003).

Die Übertragung von *M. hyopneumoniae* findet durch direkten und indirekten Kontakt statt (STEVENSON 1998). Es ist davon auszugehen, dass die horizontale Ausbreitung innerhalb der Aufzuchtphase und der Mast mit einigen Ferkeln beginnt, die bereits im Abferkelstall von der Sau infiziert worden sind (ROSS 1999). Da eine Impfung weder die Infektion verhindern noch den Erreger aus der Herde eliminieren kann (HAESBROUK et al. 2004), sondern lediglich die Ausprägung der Krankheit reduziert (JENSEN et al. 2002), ist es wichtig, Aufschluss über die Prävalenzen von *M. hyopneumoniae* beim Saugferkel und die Korrelation mit ausgewählten Risikofaktoren zu erhalten. Prävalenzen und Risikofaktoren bei *M. hyopneumoniae*-Infektionen in späteren Produktionsphasen wurden bereits mehrfach untersucht. Allerdings liegen nur wenige Untersuchungen für das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* beim Saugferkel vor. Maßnahmen, mit denen das Risiko einer

Erregerübertragung von der Sau auf die Saugferkel gesenkt werden kann, mit denen folglich die Infektionskette schon am Anfang unterbrochen wird, sind dabei von besonderer Bedeutung. Ziel dieser Studie ist es zu klären, welche Maßnahmen diesbezüglich eine besondere Rolle spielen. Dazu sollen Ferkelerzeugerbestände bzw. Ferkelerzeugerbestände mit angeschlossener Mast aus einer Region mit intensiver Schweineproduktion untersucht werden. In jedem Bestand werden von zwanzig Saugferkeln aus insgesamt zehn Würfen Nasentupfer entnommen und mittels *realtime*-PCR auf das Vorkommen spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* untersucht. Darüber hinaus beinhaltet die Untersuchung die Dokumentation einer detaillierten Anamnese und epidemiologischen Charakterisierung jedes Bestandes mittels eines validierten Fragebogens.

2. Literatur

2.1. Erregereigenschaften

Mycoplasma species, umgangssprachlich oft auch als Mykoplasmen oder Mycoplasmen bezeichnet, werden in die Klasse der Mollicutes eingeordnet. Sie unterscheiden sich jedoch in grundlegenden Eigenschaften von anderen Bakterienarten dieser und anderer Klassen. Der bedeutendste Unterschied ist das Fehlen einer typischen Zellwand, an deren Stelle lediglich eine dreischichtige Zytoplasmamembran vorzufinden ist (SELBITZ 1992). Diese morphologische Besonderheit hat zur Folge, dass Mykoplasmen polymorph sind. Sie besitzen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Umweltfaktoren, wie bspw. osmotischem Druck oder der Einwirkung von Detergentien, sowie eine natürliche Resistenz gegenüber Antibiotika, die auf die Zellwandsynthese Einfluss nehmen (MAES et al 1996). Das einzelne Bakterium hat einen Durchmesser von 0,3 – 0,8 µm und vermehrt sich durch Querteilung. Das Genom von Mykoplasmen ist im Vergleich zu dem anderer Bakterien verhältnismäßig klein und kodiert für deutlich weniger Gene als die Genome anderer Bakterienarten. Aus dieser Eigenschaft resultiert eine eingeschränkte Stoffwechselaktivität und eine eher parasitäre Lebensweise. Außerdem führt sie dazu, dass die kulturelle Anzucht von Mykoplasmen nur auf Spezialnährböden mit einer Vielzahl individueller und oft Subspezies-abhängiger Supplemente gelingt (SELBITZ 1992).

Mycoplasma (M.) hyopneumoniae gehört, wie auch *M. flocculare*, *M. hyopharyngis*, *M. hyorhinis* und *M. hyosynoviae*, zur Gruppe der porzinen *Mycoplasma species*, die überwiegend, aber nicht ausschließlich bei der Tierart *Schwein* nachzuweisen sind. *M. hyopneumoniae* wächst im Vergleich zu anderen porzinen Mykoplasmen nur sehr langsam. Nach der Beimpfung von flüssigem Kulturmedium dauert es 3 – 30 Tage, bis eine Trübung und ein saures Milieu des Mediums durch Farbumschlag eines pH-Indikators sichtbar werden. Auf festen Nährböden ausgeimpft und in einer 5 – 10 %-

igen CO₂ – Atmosphäre bebrütet, können nach frühestens 2 - 3 Tagen kleine, maximal stecknadelkopfgroße Kolonien erkannt werden (THACKER 2006). Für die Lebenserhaltung und Kolonisation im Wirt sind aufgrund der fehlenden Zellwand ausschließlich Proteinstrukturen auf der Zelloberfläche verantwortlich (SCHMIDT et al. 2004).

2.2. Epidemiologie

2.2.1. Verbreitung des Erregers

M. hyopneumoniae ist in Regionen mit intensiver Schweineproduktion weltweit endemisch verbreitet. Der Erreger führt, oft in Kombination mit anderen Erregern und Belastungsfaktoren, zur Enzootischen Pneumonie beim Schwein (THACKER 2006). Diese Faktorenkrankheit bedingt hohe wirtschaftliche Verluste in der Aufzucht und Mast von Schweinen, sodass der Erreger, die Infektion und die Erkrankung stets im Fokus der Schweineindustrie stehen (ROSS, 1992).

Die Infektion mit *M. hyopneumoniae* tritt nicht ausschließlich bei Hausschweinen auf, sondern konnte mittels serologischer Untersuchungen auch bei Wildschweinen nachgewiesen werden (SHCHERBAKOV et al. 2007; SIBILA et al. 2008b).

Die Prävalenz einer Exposition gegenüber *M. hyopneumoniae* wurde in verschiedenen Ländern anhand des Nachweises von Antikörpern untersucht. Im Nordwesten Belgiens wurde bei Mastschweinen in geschlossenen Systemen serologisch eine durchschnittliche Herdenprävalenz von 76 % festgestellt (MAES et al. 2000). Ähnliche Seroprävalenzen wurden für Japan (79 %) und Schweden (70 %) ermittelt (YAGIHASHI et al. 1993; WALLGREN et al. 1993). In Norwegen lag die Seroprävalenz bei Mastschweinen bei 62 % (FALK et al. 1991) und in den USA bei 54 % (ERLANDSON et al. 2002a). Eine Herdenprävalenz von 97 % wurde bei einer Untersuchung in 106 ungeimpften Schweinemastbeständen im nordwestlichen Niedersachsen dokumentiert (HILTERMANN-LINDEN 2004).

Da Saugferkel in endemisch infizierten Beständen maternale Antikörper mit dem Kolostrum infizierter Sauen aufnehmen, können Untersuchungen zur Prävalenz von *M. hyopneumoniae* bei Jungtieren immer nur mittels direktem Erregernachweis erfolgen. In Spanien wurde in einem Ferkelerzeugerbestand mittels *nested*-PCR an Nasentupfern *M. hyopneumoniae* bei 1,5 % der Saugferkel in der ersten

Lebenswoche und bei 3,8 % der Ferkel in der dritten Lebenswoche nachgewiesen. Auffallend war, dass bei keinem der Ferkel, die in der ersten Lebenswoche positiv getestet wurden, in der dritten Lebenswoche immer noch *M. hyopneumoniae* nachzuweisen war (SIBILA et al. 2007a). Über deutlich höhere Nachweisraten wurde in einer Studie aus den USA berichtet, in der für Ferkel in der dritten Lebenswoche ebenfalls mittels *nested*-PCR eine Erregerprävalenz von 15 % beobachtet werden konnte (FANO et al. 2006). In einer weiteren Studie aus den USA wurden Herden untersucht, in denen *M. hyopneumoniae*-Infektionen bei Aufzucht- und/oder Mastschweinen bereits diagnostiziert worden waren. Hier konnten bei Saugferkeln am 17. Lebenstag Nachweishäufigkeiten zwischen 7,7 % und 9,6 % erzielt werden (CALSAMIGLIA und PIJOAN 2000). Zu ähnlichen Nachweishäufigkeiten resp. Prävalenzen kamen auch spätere Studien, in denen Werte zwischen 5,5 % und 13,2 % bzw. zwischen 0 % und 6,4 % festgestellt wurden (RUIZ et al. 2003; SIBILA 2007b). Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen ermittelte eine andere Arbeitsgruppe Prävalenzen von bis zu 51,8 % bei 17 Tage alten Tieren. Diese Untersuchung schloss insgesamt drei Herden ein, in denen bereits vor Beginn der Studie eine Prävalenz von *M. hyopneumoniae* zum Zeitpunkt des Absetzens von mehr als 5 % diagnostiziert wurde (FANO et al. 2007). Bei der Interpretation der unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Studien muss berücksichtigt werden, dass ein Teil der Untersuchungen jeweils in nur eine Herde durchgeführt wurde (CALSAMIGLIA und PIJOAN 2000; RUIZ et al. 2003; SIBILA et al. 2007a; FANO et al. 2006). Der direkte Nachweis von *M. hyopneumoniae* fand in diesen Studien ausschließlich mittels *nested*-PCR statt.

2.2.2. Erregerübertragung und -verbreitung

M. hyopneumoniae wird mit den Sekreten des Respirationstraktes ausgeschieden und überwiegend durch direkten Kontakt von Schweinen untereinander (Nase zu Nase) sowie über kontaminierte Aerosole durch die Luft übertragen (STEVENSON 1998).

Eine intrauterine Übertragung konnte nicht nachgewiesen werden (DONE 1996). In der Regel findet eine „vertikale“ Übertragung von der Sau auf ihre Ferkel oder eine „horizontale“ Übertragung zwischen den Schweinen einer Bucht bzw. eines Stallabteils statt. Derzeit wird davon ausgegangen, dass der Ausgangspunkt für die horizontale Infektion während der Aufzucht wenige vertikal infizierte Ferkel sind (ROSS 1999). Bei kontinuierlicher Aufstallung ist eine Übertragung zwischen Tieren verschiedener Altersgruppen möglich (MORRISON et al. 1985). Die Übertragung des Erregers durch die Luft ist für eine Entfernung von 3,2 km nachgewiesen worden (GOODWIN et al. 1985). Dieser Umstand ist für die Übertragung des Erregers zwischen Schweinebeständen von Bedeutung, wenngleich davon ausgegangen wird, dass die Mehrzahl der Erregereinträge in einen Bestand durch infizierte Tiere stattfindet.

Sowohl nach experimenteller Infektion als auch nach Exposition im Feld beträgt die Inkubationszeit etwa 10 - 14 Tage. In der Herde breitet sich die Erkrankung im Allgemeinen langsam aus und die Schweine zeigen oft erst in einem Alter von 3 - 6 Monaten klinische Symptome (THACKER 2006). Es konnte gezeigt werden, dass ein infiziertes Ferkel, in Abhängigkeit der Erregervirulenz, innerhalb von sechs Wochen durchschnittlich 0,85 Ferkel (schwach-virulentes Isolat) bzw. 1,47 Ferkel (hoch-virulentes Isolat) innerhalb der eigenen Bucht mit *M. hyopneumoniae* infiziert (MEYNS et al. 2004). Neben der Virulenz des Erregers besitzen für die Übertragungsrate auch die Intensität der Tierkontakte, der Immunstatus, genetische Faktoren und Koinfektionen mit anderen Erregern eine Relevanz (SHIBATA et al. 1998; DONE 2002; RUIZ et al. 2002; VICCA et al. 2003; FANO et al. 2005).

Nicht klar ist, wie lange Schweine Träger von *M. hyopneumoniae* sein können. Es wird von der Möglichkeit berichtet, dass *M. hyopneumoniae* niemals völlig aus dem Respirationstrakt eliminiert wird (THACKER 2001). Diese These wird durch eine Untersuchung unterstützt, in der noch 185 Tage p.i. *M. hyopneumoniae* in Bronchustupfern mittels *nested*-PCR nachgewiesen werden konnte. Die lange Persistenz von *M. hyopneumoniae* wird auf die Modulation der Immunantwort des Wirtes durch den Erreger zurückgeführt (FANO et al. 2005b). Auch frühere Untersuchungen, wie der kulturelle Erregernachweis aus Lungengewebe 85 Tage p.i.

(SØRENSEN et al. 1997) und der Nachweis mittels Immunfluoreszenztest 119 Tage p.i. (KOBISCH et al. 1993), deuten auf eine lange Erregerpersistenz hin.

Andere Studien haben jedoch gezeigt, dass es möglich ist, den Erreger relativ leicht aus infizierten Herden zu eliminieren (DESROSIERS 2001). Dazu bedarf es jedoch einer Kombination unterschiedlicher Maßnahmen:

- (a) Entfernen aller Tiere aus dem Bestand, die 10 Monate und jünger sind
- (b) 14-tägige Unterbrechung der Abferkelung
- (c) medikamentelle Behandlung der Zuchttiere mit einem gegen *M. hyopneumoniae* wirksamen Antibiotikum

Werden alle Maßnahmen gleichzeitig und konsequent umgesetzt, können gute Erfolge erzielt werden (ZIMMERMANN et al. 1989; WALLGREN et al. 1993; HEINONEN et al. 1999).

Trotz der mehrtägigen Überlebensfähigkeit des Erregers außerhalb des Wirtes scheint unter Einhaltung der üblichen Hygienemaßnahmen eine Erregerübertragung durch belebte und unbelebte Vektoren innerhalb und zwischen Herden unwahrscheinlich (WOESTE u. GROSSE BEILAGE 2007).

2.2.3. Pathogenese und Einfluss der Immunreaktion auf den Verlauf der Infektion

Die Kolonisation beginnt mit der spezifischen Bindung des Erregers an die Zilien der Epithelzellen, die die Atemwege des Schweins auskleiden (ZIELINSKI u. ROSS 1993). An dieser Bindung sind verschiedene Proteine, wie bspw. P97, P110, P146 und P159, beteiligt (STAKENBORG et al. 2005; BURNETT et al. 2006; CHEN et al. 1998). Einige Tage nach Beginn der Besiedelung kommt es zu einer Reduktion der Zilienaktivität durch mechanische Immobilisierung. Im weiteren Verlauf kann es zu einer vollständigen Ziliostase sowie einem stufenweisen Verlust der Zilien kommen (KOBISCH 2000). Ein möglicher Funktionsverlust von Epithel- und bronchialen Becherzellen führt zu einer signifikanten Reduktion der Fähigkeiten des mukoziliaren Apparates, die Atemwege von Fremdkörpern, wie bspw. Staub, aber auch

pathogenen Bakterien und Viren, zu reinigen. Durch diesen Pathomechanismus wird die Wahrscheinlichkeit für Ko- und Sekundärinfektion erhöht (THACKER 2006). Neben diesen mechanischen Einschränkungen und Störungen führt auch die Bildung toxischer Metabolite durch *M. hyopneumoniae*, wie z.B. H₂O₂, zu Schädigungen der Wirtszellen (ROSS u. YOUNG 1993). Die komplexe Pathogenese von *M. hyopneumoniae*-Infektionen wird durch die Immunantwort des Wirtes komplettiert.

Die immunpathologischen Veränderungen sind eine Hauptkomponente der durch Mykoplasmen verursachten Pneumonie. Als Antwort auf die Besiedlung der Bronchien und Bronchioli mit dem Erreger kommt es zu einer Infiltration der peribronchialen und perivaskulären Gewebe mit mononuklearen Zellen. Diese wirkt sich sowohl auf die Makrophagen des angeborenen Immunsystems als auch auf die B- und T-Lymphozyten der adaptiven Immunantwort aus (THACKER 2006). Es konnte gezeigt werden, dass pulmonale Alveolarmakrophagen, die mit *M. hyopneumoniae* infiziert sind, in ihrer phagozytären Leistung eingeschränkt sind (CARUSO und ROSS 1990).

M. hyopneumoniae induziert außerdem die Bildung proinflammatorischer Zytokine (ASAI et al. 1993, 1994; THACKER et al. 2000; THANWONGNUWECH et al. 2001). Durch diese Zytokine wird die Entzündungsreaktion in der Lunge verstärkt und damit die Fähigkeit des respiratorischen Immunsystems, andere pathogene Keime im Respirationstrakt zu kontrollieren, weiter reduziert. Demnach scheinen die Gewebsschäden und Krankheitsfolgen mehr durch die Reaktion des Wirtes auf die Infektion als durch den Erreger selbst begründet zu sein (THACKER 2006). Verschiedene Studien liefern Anhaltspunkte für einen immunsuppressiven Effekt von *M. hyopneumoniae* auf unspezifische Mitogene (TAJIMA et al 1984; MESSIER u. ROSS 1991).

2.2.4. Risikofaktoren für die Erregerübertragung

Für eine erfolgreiche Erregerübertragung zwischen Schweinen müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein: (a) der Erreger muss von infizierten Tieren in einer

ausreichenden Konzentration ausgeschieden werden, (b) es muss zu einem Kontakt zwischen dem Erreger und dem potentiell empfänglichen Tier kommen. Am häufigsten gelangt der Erreger mittels infizierter Tiere in einen Bestand. Darüber hinaus ist ein Erregereintrag durch die Luft möglich (WHITTLESTONE 1990; STÄRK et al. 1992; THOMSEN et al. 1992), wobei das Risiko für diesen Eintragsweg erst an besonders viel befahrenen Straßen oder in Regionen mit hoher Schweinedichte eine nennenswerte Größe annimmt (STÄRK 2000).

Die Übertragung von *M. hyopneumoniae* innerhalb endemisch infizierter Herden erfolgt in erster Linie durch den direkten Kontakt mit Sekreten des Respirationstraktes infizierter Schweine (MORRIS et al. 1995; ROSS 1999). Daneben ist eine vertikale Übertragung des Erregers von der Sau auf ihre Ferkel in Betracht zu ziehen (CLARK et al. 1991). Besonders gefährdet scheinen Jungsauenwürfe zu sein, da das Kolostrum von Jungsauen geringere Mengen an Antikörpern enthält, als das bei Altsauen der Fall ist (BERNER 1995). Die Bedeutung dieser Infektionsroute für den Fortbestand einer endemischen Infektion in Schweineherden wird jedoch von einigen anderen Autoren als gering eingeschätzt (SHELDRAKE et al. 1990; ROSS 1992, 1999). Auch eine horizontale Übertragung zwischen Tieren unterschiedlicher Altersgruppen (KOBISCH 2000) sowie zwischen Wurfgeschwistern und Würfen ist möglich und ein häufiger Weg der Ausbreitung. In Herden mit kontinuierlicher Belegung der Abteile ist das Infektionsrisiko für die jüngeren Tiere deutlich erhöht. Mit einer Etablierung des Rein-Raus-Verfahrens wird die horizontale Übertragung zwischen den verschiedenen Altersgruppen minimiert (CALSAMIGLIA u. PIJOAN 1998). Als Ausgangspunkt für die horizontale Übertragung werden derzeit die wenigen vertikal infizierten Ferkel angesehen (ROSS 1999). Entsprechend großen Beständen wird empfohlen, Jungsauen aufgrund ihres Immunstatus vor und während der ersten Abferkelung räumlich getrennt zu halten und sie erst nach dem Absetzen ihres ersten Wurfes in die Herde zu integrieren (MAES et al. 2008).

Neben den oben genannten Faktoren nehmen die Haltungsbedingungen eine wichtige Rolle bei der Übertragung von *M. hyopneumoniae* ein. Eine hohe Belegdichte, die eine Verringerung des Luftvolumens für das einzelne Tier nach sich

zieht, führt bspw. zu einem erhöhten Vorkommen respiratorischer Erkrankungen (STÄRK 2000). Auch ein erhöhter Ammoniakgehalt in der Stallluft und eine daraus resultierende Herabsetzung der Zilienaktivität können die Infektion begünstigen (DONHAM 1991).

2.3. Krankheitsbild der Enzootischen Pneumonie

Die porcine Enzootische Pneumonie ist eine ansteckende Erkrankung des Respirationstraktes beim Schwein, die in der Regel durch eine hohe Morbidität und eine niedrige Mortalität gekennzeichnet ist (MAES et al. 1996; THACKER 2006; KOBISCH 2000). Grundsätzlich scheinen alle Altersgruppen gleichermaßen empfänglich für die Infektion mit *M. hyopneumoniae* zu sein (PFIFFER und ROSS 1984; KOBISCH et al. 1993). Eine klinische Erkrankung wird jedoch am häufigsten bei Läufern und Mastschweinen beobachtet (WALLGREN et al. 1993; YAGIHASCHI et al. 1993; MORRIS et al. 1995). Das typische Symptom für eine Infektion mit *M. hyopneumoniae* ist ein nicht kontinuierlicher, trockener und unproduktiver Husten (ROSS 1999; KOBISCH 2000; THACKER et al. 2000), der über mehrere Wochen andauern kann, aber nicht zwangsläufig bei allen infizierten Tieren auftritt (KOBISCH und FRIES, 1996; ROSS 1999).

Durch zusätzliche Infektionen mit anderen Erregern des *porcine respiratory disease complex* (PRDC) (RUIZ et al. 2003) kommt es häufig zu deutlich ausgeprägteren Krankheitsverläufen, die durch Inappetenz, Schwäche, erschwerte Atmung und/oder hohes Fieber gekennzeichnet sind und teils mit dem Verenden einzelner Tiere einhergehen (KOBISCH 2000; THACKER et al. 2000). Primäre Pathogene des PRDC sind, neben *M. hyopneumoniae*, das *porcine reproductive and respiratory syndrome virus* (PRRSV), verschiedene Subtypen des *swine influenza virus* (SIV), das *porcine circovirus type 2* (PCV-2) sowie *Pasteurella multocida* (MAES et al. 2008).

Die wirtschaftlichen Schäden, die durch die Enzootische Pneumonie verursacht werden, ergeben sich aufgrund eines verminderten Zuwachses, einer reduzierten Futtermittelverwertung und einer längeren Mastdauer (KOBISCH et al. 1994; ROSS 1999).

2.4. Diagnostik

Ein trockener, nicht produktiver Husten bei Mastschweinen wird als typischer Hinweis auf das Vorliegen einer Enzootischen Pneumonie bewertet. Dieses Symptom ist allerdings nicht pathognomonisch und kann, ebenso wie die typischen makroskopischen und mikroskopischen Lungenläsionen bei Schweinen bestimmter Altersgruppen, auch durch eine Infektion mit anderen Erregern verursacht werden. Sichtbare Veränderungen an der Lunge können auch von einer länger zurückliegenden Infektion stammen und müssen daher nicht zwangsläufig auf eine akute Infektion kurz vor der Tötung/Schlachtung hinweisen (MAES et al. 1996).

Für eine ätiologische Diagnose sollte neben der Feststellung typischer klinischer Symptome im Bestand und dem Nachweis entsprechender Lungenläsionen an mehreren Schweinen (z.B. Schlachtlungen-Check) auch ein direkter und/oder indirekter Erregernachweis in der betroffenen Tiergruppe erfolgen (THACKER 2006).

2.4.1. Direkter Erregernachweis

Untersuchungsmaterial für den direkten Erregernachweis sollte von der Eintrittspforte und/oder dem Ansiedlungsort des Erregers entnommen werden (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009). Für die Diagnostik am lebenden Tier bieten sich Nasentupfer, Tonsillentupfer sowie tracheobronchale und bronchoalveoläre Lavageflüssigkeit an (CALSAMIGLIA et al. 1999; VERDIN 2000; KURTH et al. 2002; MOORKAMP et al. 2008). Lungengewebe von toten Schweinen eignet sich ebenfalls als Untersuchungsmaterial für den direkten Nachweis von *M. hyopneumoniae* (MOORKAMP et al. 2008).

Die kulturelle Anzucht gilt nach wie vor als Goldstandard für den Nachweis von *M. hyopneumoniae*. Sie ist allerdings aufgrund der hohen Ansprüche des Erregers an Medium und Umweltbedingungen während der Anzucht weltweit wenigen Speziallaboren vorbehalten. Das langsame Wachstum von *M. hyopneumoniae* bedingt, dass die kulturelle Anzucht zum zeitnahen Infektionsnachweis wenig sinnvoll

ist (THACKER 2006). Ein weiteres Problem der kulturellen Anzucht ist, dass besonders *M. flocculare*, ein ubiquitärer Keim im Respirationstrakt von Schweinen, häufig *M. hyopneumoniae* überwuchert und so zu falsch negativen Ergebnissen führt (CALSAMIGLIA et al. 1998).

Um *M. hyopneumoniae* am lebenden oder toten Tier direkt nachzuweisen, eignen sich in der Routine verschiedene Verfahren der Polymerase - Kettenreaktion (PCR), die alle auf einer Multiplikation bestimmter Sequenzen der bakteriellen DNA basieren. In der Literatur werden grundsätzlich *single*-PCR-Methoden, *nested*-PCR und *realtime*-PCR unterschieden. Im Vergleich zur kulturellen Untersuchung ist die PCR bedeutend schneller und verhältnismäßig günstiger durchzuführen (CALSAMIGLIA et al. 1999). In der ersten in der Literatur beschriebenen *single*-PCR wurde eine Gensequenz von 520 bp vervielfältigt. Die untere Nachweisgrenze dieser PCR betrug 5 ng DNA von *M. hyopneumoniae*. In der Studie wurden mit der *single*-PCR jedoch keine klinischen Proben sondern lediglich Kultursuspensionen untersucht (HARASAWA et al. 1991). Die erste *nested*-PCR wurde 1998 publiziert. Die analytische Sensitivität dieser Methode war so hoch, dass *M. hyopneumoniae* in Proben der Stallluft nachgewiesen werden konnte (STÄRK et al. 1998). Eine später publizierte *nested*-PCR basierte auf Amplifikation spezifischer Abschnitte der 16S rDNA: ein Genomabschnitt, der in der Taxonomie häufig zur exakten Diskriminierung ähnlicher Bakterienspezies verwendet wird. Für diese PCR wurde berichtet, dass bei etwa 80 Keimen je Probe ein positives Ergebnis erzielt werden kann (CALSAMIGLIA et al. 1999). Im Weiteren wurde gezeigt, dass mit der *nested*-PCR in 61 % einer Stichprobe von 55 Nasentupfern *M. hyopneumoniae* nachgewiesen werden konnte; mit der *single*-PCR waren es bei derselben Stichprobe nur zwei Tupfer, die zu einem positiven Ergebnis führten. Mit dem Ziel der weiteren Verbesserung der Diagnostik von *M. hyopneumoniae*-Infektionen wurden in den letzten Jahren verschiedene *realtime*-PCR-Verfahren entwickelt. Eine dieser *realtime*-PCRs weist ein repetitives DNA-Element im Genom von *M. hyopneumoniae* nach (REP-Assay), eine weitere detektiert die für den ABC-Transporter kodierende DNA-Sequenz (ABC-Assay) (DUBOSSON et al. 2004). An *M. hyopneumoniae* negativem Untersuchungsmaterial konnte eine diagnostische Spezifität von 100 % festgestellt werden. An

Lungengewebe aus Beständen mit Enzootischer Pneumonie wurde für den REP-Assay eine diagnostische Sensitivität von 50 % und für den ABC-Assay von 90 % ermittelt. Wendet man zur Feststellung des Infektionsstatus beide Tests an, erreicht die diagnostische Sensitivität auf Herdenlevel 100 %.

Die diagnostische Sensitivität einer Untersuchung mittels PCR hängt nicht ausschließlich von der Methodik selbst ab, sondern auch vom Ort der Probenentnahme resp. dem Probenmaterial (FABLET et al. 2010). In einer Vergleichsstudie wurden von experimentell infizierten Schweinen unterschiedliche Proben (-materialien) entnommen: Nasentupfer, Tonsillentupfer, Trachealtupfer, bronchoalveoläre Lavageflüssigkeit (BALF), Tracheobronchialbürstchen und Lungengewebe. An den BALF und den Proben, die aus der tracheobronchialen Lokalisationen stammten, konnte die Infektion am ehesten nachgewiesen werden, während Nasentupfer und Lungengewebe keine zuverlässigen Nachweise der experimentellen Infektion erbrachten. Die schlechtere Nachweisrate an den Nasentupfern kann dadurch begründet sein, dass die Tiere zwar infiziert waren, jedoch den Erreger zur Zeit der Probenentnahme nicht mehr oder nur noch in sehr geringer Menge ausgeschieden haben (CALSAMIGLIA et al. 1999). Auch in einer weiteren Untersuchung konnte gezeigt werden, dass sich sowohl BALF als auch Lungengewebe sehr gut zum Nachweis von *M. hyopneumoniae* eignen (MOORKAMP et al. 2008). Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich zu Beginn der Infektion der Erreger häufiger in BALF und im chronischen Stadium häufiger in Lungengewebe nachweisen lässt.

Trotz der unterschiedlichen Nachweisraten für verschiedene Probenmaterialien gelten Nasentupfer grundsätzlich als geeignetes Untersuchungsmaterial für eine PCR, wenn wichtige Aspekte bei Probenentnahme und –versand beachtet werden. Es sollten Trockentupfer mit einem Kunststoffstiel verwendet werden, da sowohl im Transportmedium als auch im Holzstiel Substanzen vorhanden sind, die eine PCR inhibieren können. Wegen der verhältnismäßig niedrigen Proben- bzw. Erregermenge, die am Tupfer haftet, müssen Testverfahren mit entsprechend hoher

Sensitivität, wie bspw. *real-time*- oder *nested*-PCR, zum Erregernachweis verwendet werden (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009).

Eine weitere Form des direkten Erregernachweises am toten Tier ist der immunologische Nachweis antigener Strukturen von *M. hyopneumoniae*. Mit einem Immunfluoreszenztest (IFT) oder der Immunhistochemie (IHC) kann *M. hyopneumoniae*-Antigen mittels fluoreszierender bzw. peroxidase markierter Antikörper in Lungengewebschnitten nachgewiesen werden. Der Immunfluoreszenztest ist besonders in akuten Krankheitsstadien geeignet, in denen große Mengen von Mykoplasmen im Gewebe vorhanden sind. Eine niedrigere Sensitivität bei chronischen Infektionen lässt sich durch die niedrigere Anzahl der Erreger und/oder durch lokal vorhandene Antikörper erklären, die eine Bindung der Testantikörper verhindern (MAES et al. 1996).

Die *in-situ*-Hybridisierung, die dem IFT und der IHC grundsätzlich ähnelt, basiert auf dem Prinzip der Bindung einer spezifischen Sonde, die ebenfalls mit einem Farbstoff markiert werden kann, an einen bestimmten DNA-Abschnitt des Erregers.

Der Vorteil von IFT, IHC und *in-situ*-Hybridisierung ist die Detektion des Erregers in direkter Beziehung zu den, möglicherweise vorhandenen, pathologischen Gewebeveränderungen. Allerdings sind die geringe Spezifität bei Verwendung polyklonaler Antikörper in IFT und IHC sowie der hohe Arbeitsaufwand bei allen Methoden ein erheblicher Nachteil (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009).

2.4.2. Indirekter Erregernachweis

Serologische Untersuchungen sind häufig eine schnelle und vergleichsweise günstige Methode den Infektionsstatus einer Tiergruppe bzw. eines Bestandes festzustellen (THACKER 2006).

Aufgrund der einfachen Probenentnahme, der relativ schnell verfügbaren Ergebnisse und der verhältnismäßig niedrigen Kosten je Probe ist die ELISA-Technik die derzeit am häufigsten genutzte Methode, um indirekt *M. hyopneumoniae*-Infektionen in Schweineherden nachzuweisen. Die Interpretation der Ergebnisse ist jedoch, wie bei

fast allen diagnostischen Tests zum Nachweis von *M.-hyopneumoniae*-Infektionen, sorgsam vorzunehmen. In serologischen Querschnitts- oder Verlaufsuntersuchungen mittels ELISA kann zunächst nur der Zeitpunkt der Serokonversion und nicht der Zeitpunkt der Infektion bestimmt werden (STRAIT 2009). Die Zeitspanne zwischen Exposition und Serokonversion kann variieren: bei experimentell infizierten Tieren konnten spezifische Antikörper im Serum ab dem 8. Tag p.i. nachgewiesen werden (SØRENSEN et al. 1997; SHELDRAKE et al. 1990). In anderen Infektionsstudien war ein Nachweis erst nach 3 - 4 Wochen p.i. möglich (KOBISCH et al. 1993; LE POTIER et al. 1994). Untersuchungen im Feld zeigten eine noch größere Varianz: hier wurde eine Serokonversion zwischen 2 und 9 Wochen p.i. festgestellt (SØRENSEN et al. 1997; LEON et al. 2001). In einem Vergleich verschiedener ELISA-Verfahren zum Nachweis von Antikörpern gegen *M. hyopneumoniae* wurde gezeigt, dass die derzeit erhältlichen Testsysteme nicht genügend sensitiv sind, um mit Sicherheit die Freiheit von *M. hyopneumoniae* in einer Herde zu bestätigen (YAGER et al. 2008). Trotzdem werden ELISA zum Nachweis spezifischer Antikörper gegen *M. hyopneumoniae* als ein sehr nützliches Tool bewertet, welches die Diagnose „Enzootische Pneumonie“ in Gruppen von Schweinen erhärten kann (KOBISCH 2000).

Schwierigkeiten bei der Interpretation serologischer Befunde ergeben sich hauptsächlich dadurch, dass keine Unterscheidung zwischen Antikörpern möglich ist, deren Bildung entweder durch Impfung oder Infektion bedingt sein kann. Auch bei Absetzferkeln sind serologische Befunde schwer zu interpretieren, da ein Rückgang der Konzentration maternaler Antikörper, die von den Ferkeln über das Kolostrum aufgenommen werden, häufig von einem Anstieg der Konzentration als Reaktion auf eine Impfung überlagert wird (GROSSE BEILAGE und SCHREIBER 2005).

2.5. Maßnahmen zur Reduzierung der Erregerübertragung

2.5.1. Management und Haltung

Die Optimierung von Managementmaßnahmen und Haltungsbedingungen sind ein zentraler Aspekt in der Bekämpfung und Prävention der Enzootischen Pneumonie in Schweinebeständen.

Das größte Risiko für den Erregereintrag in eine Herde stellen infizierte Tiere dar. Folglich führen die Reduktionen der Häufigkeit von Zukäufen „fremder“ Schweine und der Anzahl der Schweine je Zukauf auch zu einem reduzierten Risiko des Eintrags von *M. hyopneumoniae*. Der Anteil Jungsauen in einer Herde, der eng mit der Remontierungsrate korreliert, sollte nicht mehr als 30 % betragen (MAES et al. 1996). Jungsauen und Jungeber sollten darüber hinaus über einen Zeitraum von mindestens 30 Tagen schrittweise in die Herde eingegliedert werden. Diese Eingliederung umfasst eine Impfung gegen *M. hyopneumoniae* und, falls notwendig, auch eine antibiotische Behandlung gegen *M. hyopneumoniae* (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009).

Neben der Verhinderung eines Erregereintrags von außen ist es wichtig, die Verbreitung zwischen den Tieren in der Herde weitmöglich einzuschränken. Die Durchführung des konsequenten Rein-Raus-Verfahrens ist eine der wichtigsten Maßnahmen, um die Übertragung des Erregers von älteren auf jüngere Schweine zu minimieren (CLARK et al. 1991). Daneben sind auch eine strikte räumliche Trennung, eine geeignete Luftführung sowie die gründliche Reinigung und Desinfektion der Abteile vor Neubelegung notwendig (MAES et al. 1996). Prinzipiell ist auch das frühere Absetzen der Saugferkel von der Sau eine geeignete Maßnahme, die Übertragung von *M. hyopneumoniae* von der Sau auf ihre Nachkommen einzuschränken. Das „early weaning“ ist jedoch in der EU nur unter besonderen Umständen erlaubt und wird nicht generell gebilligt. Für große Produktionssysteme wird empfohlen, die Jungsauen getrennt von den älteren Sauen abferkeln zu lassen und sie erst nach dem Absetzen des ersten Wurfs endgültig in

die Herde zu integrieren. Es wird angenommen, dass erst zu diesem Zeitpunkt ein vergleichbarer Gesundheitsstatus erreicht ist (MAES et al. 2008).

Neben Risikofaktoren, die die Ausbreitung der Infektion begünstigen, nehmen Belastungsfaktoren Einfluss auf die Entstehung und die Ausprägung der Enzootischen Pneumonie.

Ein wichtiger Belastungsfaktor ist die Belegdichte in den einzelnen Alters- und Produktionsgruppen. Eine hohe Belegdichte führt zu einer hohen Prävalenz verschiedener Pathogene im Respirationstrakt von Schweinen und zu einem Anstieg der Ammoniakkonzentration in der Stallluft. Ammoniak wiederum bedingt eine Reduktion der Zilienaktivität, sodass sich Pathogene noch besser im Atemtrakt der Schweine ansiedeln können (DONHAM 1991).

Weitere Belastungsfaktoren für die Enzootische Pneumonie sind Koinfektionen, die häufig zusammen mit einer *M. hyopneumoniae*-Infektion auftreten. Die Bekämpfung dieser Koinfektionen sollte grundsätzlich in Überlegungen zur Bekämpfung und Prävention der Enzootischen Pneumonie einbezogen werden (MAES et al. 2008).

Hinsichtlich der Haltungsbedingungen ist darauf zu achten, dass die Temperatur, die Platzierung der Ventilatoren und Lüftungsöffnungen sowie die Positionierung von Sensoren optimal sind. Andernfalls kann eine zusätzliche Belastung der Tiere durch ein mangelhaftes Stallklima auftreten und den Ausbruch der Enzootischen Pneumonie begünstigen resp. die Ausprägung verstärken (MAES et al. 2008).

Ob die konsequente Einhaltung von Hygienemaßnahmen, Insekten- und Schädnerbekämpfung sowie eine beschränkte Bewegung von Arbeitsmaterialien und Personen zwischen Tieren unterschiedlicher Altersgruppen einen bedeutenden Einfluss auf die Infektion mit *M. hyopneumoniae* hat, ist bisher kaum untersucht (WOESTE u. GROSSE BEILAGE 2007). Die Untersuchung der Gefahr einer Übertragung durch Personen in einer Feldstudie an zwei Herden zeigte, dass Tierärzte, die nach intensivem Kontakt mit infizierten Tieren geduscht und ihre Kleidung gewechselt hatten, den Erreger offensichtlich nicht übertragen konnten. Dies lässt den Schluss zu, dass übliche Hygienemaßnahmen ausreichen, um die Übertragung von *M. hyopneumoniae* durch Personen zu verhindern (BATISTA et al.

2004). Da der Erreger von kontaminierter Kleidung bis zu drei Tagen kulturell isoliert werden konnte (GOODWIN 1985), kann dennoch auf eine potentielle Gefährdung durch Personen mit kontaminierter Kleidung und mangelhafter Hand- und/oder Haarhygiene sowie durch andere belebte und unbelebte Faktoren geschlossen werden (WOESTE u. GROSSE BEILAGE 2007).

2.5.2. Antibiotische Behandlung

Entsprechend den Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln (Stand: Juli 2010) sind Wirkstoffe verschiedener Gruppen gegen *M. hyopneumoniae* wirksam. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um Fluorchinolone, Lincosamide, Makrolide, Pleuromutiline und Tetracycline. Die derzeit am häufigsten eingesetzten Wirkstoffe gehören zu den Gruppen der Makrolide und Tetracycline (MAES et al. 2008). Die Auswahl des Wirkstoffs kann aufgrund mangelnder Verfügbarkeit der Methode nicht die Ergebnisse eines Antibiogramms berücksichtigen, sondern erfolgt nach der Verkehrsfähigkeit des Präparates, der Darreichungsform und der Wartezeit (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009). Häufig ist neben der gezielten Behandlung gegen *M. hyopneumoniae* auch eine Therapie der bakteriellen Sekundärinfektionen indiziert (MAES et al. 2008). In besonderen Fällen wird in endemisch infizierten Herden auch eine strategische Medikation der Sauen praktiziert, um eine Erregerausscheidung bei diesen Tieren zu reduzieren (MAES et al. 2008). Diese Medikation ist allerdings nur dann gerechtfertigt, wenn eine häufige Übertragung des Erregers von der Sau auf die Ferkel nachgewiesen wurde oder eine große Anzahl ungeimpfter Jungsauen in die Herde eingegliedert wurde und eine klinische Symptomatik besteht (NATHUES u. GROSSE BEILAGE 2009). Nach den Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln (Stand: Juli 2010) ist von prophylaktischer Medikation grundsätzlich abzusehen.

2.5.3. Impfungen

Die Impfung von Schweinen gegen *M. hyopneumoniae* ist eine mögliche Maßnahme zur Reduktion der Ausprägung einer Enzootischen Pneumonie. Sie wird in vielen Ländern mit intensiver Schweineproduktion und endemischer Infektion der Herden mit *M. hyopneumoniae* durchgeführt; eine Impfdichte von mehr als 70 % auf Herdenlevel ist dabei nicht selten (MAES et al. 2008). Die Impfung induziert keine sterile Immunität, sodass eine Besiedlung geimpfter Schweine nach wie vor möglich ist (THACKER et al. 1998). Allerdings wurde in einer Studie beobachtet, dass durch Impfungen die Anzahl der Organismen im Respirationstrakt reduziert werden kann (MEYNS et al. 2006). Geimpfte Schweine haben in der Regel geringer ausgeprägte Lungenläsionen und teils auch deutlich niedrigere Nachweisraten des Erregers in Nasenhöhlen und Tonsillen (SIBILA et al. 2007b). Außerdem zeigen in endemisch infizierten Herden geimpfte Ferkel in der späteren Aufzucht einen höheren täglichen Zuwachs und eine bessere Futtermittelverwertung als ungeimpfte Ferkel.

Impfstoffe gegen *M. hyopneumoniae* können in drei Klassen eingeteilt werden:

- (a) *one-shot* Impfstoffe (einmalige Anwendung)
- (b) *two-shot* Impfstoffe (zweimalige Anwendung)
- (c) *flexi dose* Impfstoffe (je nach Dosierung ein- oder zweimalige Anwendung)

Unterschiede zwischen den Impfstoffen gibt es außerdem bei der Dosierung (1 ml bzw. 2 ml), dem Adjuvans und dem Alter, ab wann ein Schwein lt. Zulassung erstmalig geimpft werden darf. Im Gegensatz dazu gibt es keine erkennbaren Unterschiede beim Antigen: alle in Deutschland zugelassenen Impfstoffen gegen *M. hyopneumoniae* sind inaktivierte Impfstoffe, die in der Regel eine Ganzzellpräparation enthalten.

Zunächst wurden in den späten 1980'er Jahren *two-shot* Impfstoffe entwickelt und zugelassen, deren Anwendung beim Saugferkel sich in der Praxis gut etabliert hatte. In den letzten Jahren erfolgte dann ein Strategiewechsel und es wurden zunehmend *one-shot* Impfstoffe entwickelt und zugelassen, die die gleichen Erfolge erzielen sollen (MORRIS et al. 2001) und zudem durch die einmalige Applikation weniger

Arbeitszeit bedürfen und sich besser in die übrigen zootechnischen Maßnahmen bei Saugferkeln integrieren lassen (BACCARO et al. 2006).

Das Ziel der Impfung von Saugferkeln ist die Ausbildung einer belastbaren Immunität, bevor sich die Tiere infizieren. Werden jedoch Saugferkel mit sehr hoher Serumkonzentration maternaler Antikörper gegen *M. hyopneumoniae* geimpft, kann es auch zu Interferenzen mit diesen kommen, die den Erfolg der Impfung in Frage stellen (MAES et al. 2008). Außerdem haben verschiedene Studien gezeigt, dass die Verabreichung eines inaktivierten Impfstoffs gegen *M. hyopneumoniae* kurz vor einer experimentellen oder natürlichen Infektion mit dem porcinen Circovirus Typ 2 (PCV2), die Schwere der durch PCV2 verursachten Schäden erheblich steigert (OPRIESSNIG et al. 2003). Das Ergebnis dieser Untersuchung konnte in einer anderen Studie nicht bestätigt werden, weil dort Impfungen bei Saugferkeln nicht signifikant zum Auftreten von PMWS (*Post-Weaning Multisystemic Wasting Syndrome*) beigetragen haben (HARUNA et al. 2006).

Die Impfung von Absetzferkeln führt seltener zu einer Interferenz mit maternalen Antikörpern. Allerdings steigt bei Ferkeln in diesem Alter auch das Risiko einer Exposition, sodass die Impfung unter Umständen nicht lange genug vor der Infektion durchgeführt werden kann (SIBILA et al. 2004).

Der Effekt einer Impfung von Sauen auf die Infektionsdynamik in einem Schweinebestand ist nur wenig untersucht. Die Impfung am Ende der Trächtigkeit hat zum Ziel, die Ausscheidung von *M. hyopneumoniae* durch die Sau zu reduzieren und die Konzentration kolostraler Antikörper zum Zeitpunkt des Abferkelns zu erhöhen (MAES et al., 2008). Der positive Effekt durch Übertragung maternalen Antikörper auf die Saugferkel ist vielfach beschrieben (WALLGREN et al. 1998; RAUTIANIEN u. WALLGREN 2001; RUIZ et al. 2003). Da Schweine eine *Placenta epitheliochoriales* ausbilden, besitzen Ferkel zum Zeitpunkt der Geburt keine Serumantikörper (BANDRICK et al. 2009). Nehmen sie maternale Antikörper gegen *M. hyopneumoniae* auf, haben diese im Serum der Ferkel eine durchschnittliche Halbwertszeit von 15,8 Tagen (MORRIS et al. 1994). In einer systematischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass eine Impfung von Sauen fünf und drei

Wochen a.p. mit einer geringeren Anzahl *M. hyopneumoniae* positiver Ferkel beim Absetzen assoziiert ist (SIBILA et al. 2006).

In endemisch infizierten Herden sollten Jungsauen immer in die Impfmaßnahmen einbezogen werden, um eine Destabilisierung der Stammherde zu vermeiden. Diese Maßnahme wird besonders wichtig, wenn Jungsauen aus *M. hyopneumoniae* freien Herden zugekauft werden; sie können sich während der Eingliederung infizieren und den Erreger anschließend massiv ausscheiden (BARGEN 2004).

2.6. Epidemiologische Untersuchungen mit Hilfe von Fragebögen

Fragebögen sind nicht nur im Rahmen veterinärepidemiologischer Untersuchungen eines der am häufigsten verwendeten Werkzeuge, um Daten zu erheben (DOHOO et al. 2003), auch in der empirischen Sozialforschung sind Befragungen entlang eines standardisierten Fragebogens die am häufigsten praktizierte Erhebungsmethode (SEIPEL u. RIEKER 2003).

2.6.1. Planung

Die Planung jeder epidemiologischen Studie erfordert explizite und standardisierbare Fragestellungen, die spezifisch und so präzise wie möglich formuliert sein müssen (DAE 2004). Eine adäquate Anzahl hochwertiger Daten zu erheben ist notwendig, um das Ziel der Studie zu erreichen (CAMERON et al. 2004). Die bekannteste Form der Befragung ist das Interview. Dieses wird in der Regel als mündliches Einzelinterview anhand eines stark strukturierten Fragebogens geführt (ATTESLANDER 2003). Durch eine Standardisierung der Datenerhebung wird erreicht, dass allen Teilnehmern die gleichen Fragen und Antwortvorgaben in der gleichen Reihenfolge mit identischen Erläuterungen vorgelegt werden (SEIPEL u. RIEKER 2003).

Die Unterscheidung zwischen standardisiertem und nicht standardisiertem Interview bezieht sich auf die Verwendungsweise von Antwortkategorien. Als standardisiert gelten Fragen, deren Antworten in Kategorien zusammengefasst werden, um eine Vergleichbarkeit herzustellen. Nicht standardisierte Fragen sind solche, bei denen auf eine Kategorisierung verzichtet wird oder bei denen sie später vollzogen wird. Außerdem werden verschiedene Fragetypen beschrieben. Im Allgemeinen unterscheidet man offene und geschlossene Fragen. Offene Fragen enthalten keine festen Antwortkategorien, sodass die befragte Person ihre Antwort völlig frei formulieren kann. Geschlossene Fragen hingegen geben Antwortmöglichkeiten vor, aus denen der Befragte seine Antwort auswählen muss (ATTESLANDER 2003).

Zur Durchführung standardisierter Interviews ist die Entwicklung eines strukturierten Fragebogens erforderlich. Hierbei gilt es zu beachten, dass Fragen und Antwortalternativen ausformuliert und in einer sinnvollen Reihenfolge angeordnet werden. Durch gleiche Fragenformulierung, gleiche Reihenfolge der Fragen und gleiche Antwortmöglichkeiten bei geschlossenen Fragen werden die Gütekriterien einer Messung erfüllt. Aus dem hohem Grad der Standardisierung ergibt sich der Nachteil, dass sich keine systematischen Informationen erzielen lassen, die jenseits der vom Untersucher vorgegebenen Antwortmöglichkeiten liegen (SEIPEL u. RIEKER 2003).

Das Wichtigste bei der Erstellung eines Fragebogens ist, dass die Grundlagen und Informationsanforderungen der Studie fundiert sind (DOHOO, MARTIN, STRYHN 2003) Außerdem ist es sinnvoll, Fragebögen kurz und prägnant zu gestalten (NOORDHUIZEN et al. 1997).

Einige der bedeutendsten Regeln zur Erstellung eines Fragebogens wurden in Anlehnung an Dillmann, Louverse und Preber aufgelistet (SCHNELL et al. 1999):

- Fragen sollen einfache Wörter enthalten, d.h. im Wesentlichen: keine Verwendung nicht gebräuchlicher Fachausdrücke, keine Verwendung von Fremdwörtern, keine Verwendung von Abkürzungen oder Slangausdrücken,
- Fragen sollten kurz formuliert sein,
- Fragen sollten konkret sein, abstrakte Begriffe in konkrete überführt werden,
- Fragen sollten keine bestimmte Antwort provozieren (Vermeidung von Suggestivfragen),
- Fragen sollten neutral formuliert sein und keine „belasteten“ Worte enthalten,
- Fragen sollten nicht hypothetisch formuliert werden,
- Fragen sollten sich nur auf einen Sachverhalt beziehen,
- Fragen sollten keine doppelten Verneinungen enthalten,
- Fragen sollten die befragte Person nicht überfordern,
- Fragen sollten formal „balanciert“ sein, d.h. in der Frage sollten alle –negativen und positiven- Antwortmöglichkeiten enthalten sein, um die gleichwertige Berechtigung jeder vom Befragten gewählten Antwort zu demonstrieren.

Die wichtigste Regel sollte jedoch immer sein, jede Frage mehrfach vorzutesten (ATTESLANDER 2003).

Nicht immer lässt es sich vermeiden, dass Fragen in heikle Themenbereiche fallen. In diesem Fall muss versucht werden, durch geschickte und einfühlsame Formulierungen und Techniken alle möglichen psychischen Widerstände zu umgehen oder zumindest zu reduzieren, damit die Antwortqualität erhalten bleibt (KIRSCHOFER - BODENHARDT u. KAPLITZA 1986).

Hinsichtlich der Reihenfolge empfiehlt es sich, mit allgemeinen Fragen zu beginnen, die dann zum Detail führen, und die Fragen nach Themengebieten zu ordnen (SEIPEL u. RIEKER 2003).

2.6.2. Validierung des Fragebogens

Zur Validierung des Fragebogens wird der Fragebogen an nicht in die Studie involvierten Personen getestet, um so im Vorfeld der eigentlichen Erhebung Fehlerquellen auszuräumen (KIRCHHOFF et al. 2008). Diese sogenannten *pre-tests* sind unerlässlich, um Schwächen des Fragebogens zu erkennen, z.B. ob Fragen richtig verstanden werden oder ob wichtige Antwortkategorien übersehen wurden. In der Regel ist es notwendig, den Fragebogen nach erfolgtem *pre-test* umzuarbeiten oder teilweise neu zu gestalten. Die Interviews können nur dann ohne Schwierigkeiten und unter den gleichen Bedingungen verlaufen, wenn der Fragebogen für die Befragten in jedem Detail unmissverständlich ist und ein Höchstmaß an Klarheit und Übersichtlichkeit erreicht wird (HOLM 1998)

2.6.3. Durchführung des Interviews

Bei der mündlichen Befragung werden die Fragen durch den Interviewer vorgelesen. Dieser trägt dann die Antworten des Befragten direkt in den Fragebogen ein. In standardisierten Interviews sollte darauf hingearbeitet werden, dass das Verhalten des Interviewenden möglichst neutral und vergleichbar ist. Der Interviewer sollte die Fragen und evtl. vorhandene Antwortvorgaben verständlich und gewissenhaft

präsentieren sowie die Antworten zuverlässig registrieren (SEIPEL u. RIEKER 2003). Um ein Antwortbias zu vermeiden, darf der Interviewer weder seine eigene Meinung zum Thema oder zu einzelnen Fragen äußern, noch die Befragten bei der Auswahl von Antwortmöglichkeiten beeinflussen (PRÜFER u. STIEGLER 2002). Diese Neutralität kommt der Objektivität der Antworten zugute. Auch das Verhalten des Befragten selbst kann zu Antwortverzerrungen führen. Befragte neigen zum Teil dazu, Fragen nicht ehrlich zu beantworten, weil Sie beispielsweise dem Interviewer imponieren wollen oder evtl. rechtliche Konsequenzen fürchten (SEIPEL u. RIEKER 2003).

Bei der Durchführung des standardisierten Interviews sollten zudem folgende Regeln beachtet werden. Es ist absolut unerlässlich, dass der Fragetext wörtlich vorgelesen wird, d.h. es darf nichts hinzugefügt, nichts weggelassen und nichts geändert werden. Außerdem muss der Text langsam, deutlich und richtig betont vorgelesen werden. Werden z.B. bestimmte Worte betont, kann dies die Antworten des Befragten beeinflussen. Des Weiteren muss jede Frage vollständig vorgelesen werden, ehe die Antwort des Befragten akzeptiert wird. Auf keinen Fall darf während des Interviews eine Frage ausgelassen werden, weil sie schon vorher beantwortet wurde oder der Interviewer meint die Antwort bereits zu kennen.

Die Herstellung gleicher Bedingungen für alle Befragten ist wichtig, weil bei der späteren Auswertung die Antworten aller Befragten verglichen werden. Dafür muss sichergestellt sein, dass Unterschiede in den Antworten tatsächlich auf unterschiedliche Angaben der Befragten und nicht auf unterschiedliche Bedingungen während des Interviews zurückzuführen sind (PRÜFER u. STIEGLER 2002).

3. Material und Methoden

Die nachfolgend beschriebene Untersuchung wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Häufigkeit von *M.-hyopneumoniae*-Infektionen bei Saugferkeln kurz vor dem Zeitpunkt des Absetzens festzustellen. Außerdem wurde eine mögliche Korrelation zwischen positiven Erregernachweisen in dieser Altersgruppe und der Ausprägung ausgewählter Risikofaktoren in den Herden überprüft. Die Untersuchung wurde zwischen Juni 2009 und Juli 2010 in 125 Herden in Nordwest-Deutschland durchgeführt. Es wurden ausschließlich Ferkelerzeugerbestände, die Absetzferkel aufziehen und diese anschließend als Mastläufer verkaufen, sowie geschlossene Systeme mit Ferkelproduktion, -aufzucht und angeschlossener Mast in die Studie einbezogen. Ein weiteres Einschlusskriterium für die Auswahl der Bestände war die Anforderung, dass sich Abferkel- und Ferkelaufzuchtställe (Flatdecks) an derselben Hofstelle befinden. Die Untersuchung vor Ort umfasste die epidemiologische Charakterisierung der Bestände anhand eines Fragebogens sowie die Entnahme von Nasentupfern an jeweils 20 Ferkeln aus 10 verschiedenen Würfen.

3.1. Fragebogen

3.1.1. Entwicklung des Fragebogens

Mit dem Ziel einer standardisierten und strukturierten Erfassung epidemiologischer Daten der Herden wurde ein Fragebogen entwickelt, mit dem die jeweiligen Ausprägungen unterschiedlicher Parameter erfasst wurden. Eine erste Version des Fragebogens wurde im Mai 2009 in einer Pilotstudie mit 3 Beständen getestet. Anschließend erfolgte eine Überarbeitung und abschließende Validierung des Fragebogens in seiner endgültigen Fassung (siehe Anhang 1).

Der Fragebogen beinhaltet 143 Fragen zur Erfassung von allgemeinen Herdencharakteristika, Haltungs- und Managementbedingungen im Bestand sowie Art und Zeitpunkt zootecnischer Maßnahmen, Impfungen und obligatorischer resp. fakultativer antibiotischer Behandlungen. Darüber hinaus wurden weitere Daten bezüglich der Tiere erfasst, die für die Probenentnahme und die weiterführenden Untersuchungen ausgewählt wurden.

Der Fragebogen wurde nach den oben genannten Themenkomplexen gegliedert und umfasste folgende Variablen:

A. Herdencharakteristika

- Produktionstyp
- Genetik der Sauen
- Größe der Herde
- Altersstruktur der Sauenherde

B. Bauliche Gegebenheiten

- Produktionsbereiche im gleichen Gebäude wie die Abferkelställe
- Umtrieb von Sauen durch belegte Flatdeckabteile
- Umtrieb von Sauen durch belegte Mastabteile

C. Management im Abferkelstall

- Abferkelrhythmus
- Anwendung des Rein-Raus-Verfahrens
- Separate Abteile zur Zwischenabferkelung
- Leerstehzeiten der Abteile
- Reinigung und Desinfektion der Abteile
- Waschen der Sauen vor Umtrieb
- Geburtsüberwachung
- Zootecnische Maßnahmen an den Ferkeln und deren Zeitpunkte
- Impfungen der Saugferkel (Impfstoffe / Zeitpunkte)
- Antibiotische Behandlung der Saugferkel (Wirkstoffe / Häufigkeit / Zeitpunkte)
- Wurfausgleich (Häufigkeit)
- Absetzalter

D. Management der Sauen

- Impfungen der Sauen (Impfstoffe / Zeitpunkte)
- Antibiotische Behandlungen der Sauen (Wirkstoffe / Häufigkeit / Zeitpunkte)

E. Management im Flatdeck

- Flatdeckgröße (Aufzuchtplätze / Anzahl der Abteile)
- Anwendung des Rein-Raus-Verfahrens
- Leerstehzeiten der Abteile
- Reinigung und Desinfektion der Abteile
- Antibiotische Behandlung der Absatzferkel (Wirkstoffe / Häufigkeit / Zeitpunkte)

F. Management der Jungsauen

- Bezug (Eigenremontierung vs. Zukauf / Häufigkeit / Tierzahl / Herkunftsbestände / Tialter bei Lieferung)
- Remontierungsrate
- Eingliederung (inkl. Quarantäne)
- Kontakte während der Eingliederung
- Anwendung des Rein-Raus-Verfahrens
- Impfungen der Jungsauen (Impfstoffe / Zeitpunkte)
- Antibiotische Behandlung der Jungsauen (Wirkstoffe / Häufigkeit / Zeitpunkte)

G. Management der Jungeber

- Bezug (Eigenremontierung vs. Zukauf, Häufigkeit, Tierzahl, Herkunftsbestände, Tialter bei Lieferung)
- Eingliederung (inkl. Quarantäne)
- Kontakte während der Eingliederung
- Anwendung des Rein-Raus-Verfahrens
- Impfungen der Jungeber (Impfstoffe / Zeitpunkte)
- Antibiotische Behandlung der Jungeber (Wirkstoffe / Häufigkeit / Zeitpunkte)

H. Haltung im Abferkelstall

- Abferkelabteile (Anzahl der Abteile und Abferkelplätze / Alter der Abteile)
- Variation der Abferkeltermine innerhalb eines Abteils
- Ausstattung der Abferkelabteile (Boden / Heizung / Zuluft / Abluft)

I. Haltung der Jungsauen

- Abteile (Anzahl der Abteile / Anzahl der Buchten pro Abteil / Größe der Abteile und Buchten / Alter / Anzahl der Tiere pro Bucht und pro Abteil)
- Ausstattung (Boden / Trennwände / Fütterungs- und Tränktechnik / Heizung / Zuluft / Abluft / Güllelagerung)

J. Haltung der Jungeber

- Abteile (Anzahl der Abteile / Anzahl der Buchten pro Abteil / Größe der Abteile und Buchten / Alter / Anzahl der Tiere pro Bucht und pro Abteil)
- Ausstattung (Boden / Trennwände / Fütterungs- und Tränktechnik / Heizung / Zuluft / Abluft / Güllelagerung)

K. Informationen zu den weiterführend untersuchten Saugferkeln

- Anzahl bisheriger Würfe des Muttertieres
- Wurfgröße (Anzahl lebend geborener Ferkel)
- Alter und Geschlecht der Ferkel, von denen Proben entnommen wurden

Insgesamt wurden dem Tierhalter 75 geschlossene, 7 halbgeschlossene und 61 offene Fragen gestellt resp. während der Untersuchung eines Bestandes vom Untersucher selbst durch Betrachtung, Messung oder Zählung beantwortet. Fragen zu Tierzahlen im Bestand, dem Alter der Ferkel bei zootechnischen Maßnahmen, den Leerstehzeiten von Abteilen nach Reinigung und Desinfektion, dem Alter der Tiere zum Zeitpunkt des Zukaufs und den Abteilgrößen wurden als offene Fragen formuliert. Daten zur Haltung und zum Management im Abferkelstall wurden pro Bestand in jeweils drei Abferkelabteilen erfasst, um bei unterschiedlicher Ausstattung und Größe einen möglichst repräsentativen Überblick zu bekommen.

3.1.2. Validierung des Fragebogens

Die erste Version des Fragebogens, die zu großen Teilen mit validierten Fragebögen früherer Studien (VONNAHME 2005; NATHUES 2011) übereinstimmte, wurde zunächst in drei Schweinebeständen getestet. Anhand dieser Bestände, die den Auswahlkriterien der später zu untersuchenden Schweinebestände entsprachen, jedoch nicht den u.g. Beratungsringen/Ringgemeinschaften angehörten, wurden folgende Parameter überprüft:

- logischer Aufbau
- Verständlichkeit der Fragen
- Vollständigkeit vorgegebener Antwortkategorien
- Dauer der Befragung

Nach der Durchführung dieses Vorversuchs wurden einige Antwortkategorien ergänzt. Außerdem wurde festgestellt, dass die exakte Beantwortung der Fragen zur Altersstruktur der Sauenherde, zum Mittelwert des Alters der Ferkel beim Absetzen und zur Remontierungsrate im Bestand häufig nicht möglich ist. Für die folgende Untersuchung sollte daher auf bestandsspezifische Daten aus dem Sauenplaner des jeweiligen Bestandes zurückgegriffen werden; die entsprechenden Fragen wurden den Tierhaltern daraufhin nicht mehr gestellt.

3.1.3. Kodierung

Zu Beginn der Studie wurde für nominal und ordinal skalierte Merkmalsausprägungen eine Kodierung vorgenommen und im Fragebogen vermerkt. Da im Verlauf der Untersuchung teilweise Antworten gegeben wurden, die noch nicht als mögliche Auswahl vorgegeben waren, erfolgte vor der Eingabe der Daten in die elektronische Datenbank eine Überarbeitung resp. Erweiterung der Kodierung. Variablen mit metrischer Ausprägung wurden nicht kodiert. Für die statistische Auswertung wurden hier jedoch teilweise Klassen gebildet und diese wiederum mit einer ordinal skalierten Kodierung versehen.

3.2. Auswahl von Beständen

Mit dem Ziel einer möglichst repräsentativen Stichprobe für Schweinebestände in Nordwestdeutschland und der Minimierung eines potentiellen *selection bias* wurden Bestände einer bestimmten geographischen Lage ausgewählt, die darüber hinaus in Ringgemeinschaften/Beratungsringen organisiert waren. Zu Beginn der Studie wurde zunächst Kontakt zu Geschäftsführern, Vorsitzenden resp. Verantwortlichen von vier Ringgemeinschaften und Beratungsringen im westlichen Niedersachsen aufgenommen. Die Ringberater wurden über das Ziel der Studie sowie Art und Umfang der Untersuchungen informiert. Außerdem wurde ihnen ein Informationsblatt für Tierhalter zur Verfügung gestellt, mit dessen Hilfe sie den Erstkontakt zu den Sauenhaltern herstellen sollten. Weitere Einschlusskriterien für die Studie waren der Produktionstyp - Ferkelerzeuger mit Ferkelaufzucht bis ca. 28 kg Körpergewicht oder Kombibestand mit Aufzucht und Mast - und die Anforderung, dass sich die Flatdecks an derselben Hofstelle befinden wie die Abferkelung. Ein Ausschlusskriterium war die Impfung von Sauen gegen *M. hyopneumoniae*. Jeder Beratungsring stellte unter Beachtung seiner eigenen Bestimmungen zum Datenschutz und zur Weitergabe von Daten an Dritte eine Liste zur Verfügung, auf der alle Schweinebestände mit Anschrift und Telefonnummer vermerkt waren, die den Ein- und Ausschlusskriterien entsprachen und grundsätzlich keine Einwände gegen eine Kontaktaufnahme durch eine Mitarbeiterin der Außenstelle für Epidemiologie erhoben hatten. Die Tierhalter wurden durch die Untersucherin zunächst telefonisch kontaktiert, um nochmals den Willen zur Teilnahme an der Studie abzufragen und im positiven Fall einen Termin für die Vor-Ort-Untersuchung zu vereinbaren. Die Bestände wurden anschließend einmalig durch Befragung in Form eines persönlichen Interviews, Besichtigung des gesamten Bestandes und Probenentnahme untersucht.

3.3. Datenerhebung / Bestandsuntersuchung

3.3.1. Datenerhebung

Mit Bezug auf das Informationsschreiben, das durch die Ringberater bereits zugestellt worden war, wurde den Tierhaltern vor Beginn des Interviews noch einmal das Ziel der Studie und die Wichtigkeit einer ehrlichen Beantwortung aller Fragen erläutert. Außerdem wurden die Tierhalter über das Verfahren der Datenspeicherung und die Wahrung ihrer Anonymität aufgeklärt. Alle Befragungen wurden von derselben Untersucherin durchgeführt, damit nach Möglichkeit kein *observer bias* die Qualität der Daten negativ beeinflusst.

Alle Antworten sowie mögliche Anmerkungen resp. Erklärungen seitens der Befragten wurden unmittelbar handschriftlich im Fragebogen notiert. Die notwendigen Daten aus dem Sauenplaner wurden entweder direkt im Anschluss an die Befragung des Tierhalters erfasst oder wenige Tage nach der Untersuchung per Email bzw. Fax nachgereicht. Dieses geschah durch den Tierhalter selbst oder diejenige Person, die für die elektronische Erfassung der Reproduktionsdaten zuständig war.

Ein Teil der im Interview durch den Tierhalter gemachten Angaben wurde während der Bestandsuntersuchung verifiziert und im Fall einer Abweichung korrigiert. Zu diesen Angaben gehörten Variablen zur Haltung im Eingliederungsstall und im Abferkelstall.

Detaillierte Informationen zu den Ferkeln, die für die weiterführenden Untersuchungen ausgewählt wurden, konnten überwiegend den im Abteil angebrachten Stallkarten der Sauen entnommen werden. Fehlten diese Karten, wurden die Identifikationsnummern von den Ohrmarken der Sauen notiert. Anschließend ließen sich über diese Nummer die notwendigen Daten aus dem Sauenplaner ermitteln.

Das Deckblatt des Fragebogens, auf dem der Name und die Anschrift des Tierhalters sowie eine fortlaufende Identifikationsnummer notiert worden waren, wurde nach Abschluss der weiterführenden Untersuchungen und einer Ergänzung der Daten mit

einer Leistungsübersicht aus dem Sauenplaner entfernt. Durch dieses Vorgehen wurde gewährleistet, dass während der folgenden elektronischen Datenverarbeitung alle Daten anonymisiert vorlagen.

3.3.2. Probenentnahme

In jedem Bestand wurden Nasentupfer an 20 Saugferkeln entnommen. Diese Saugferkel sollten mindestens 18 Tage alt sein und aus 10 verschiedenen Würfen stammen. Das Alter der Sauen dieser Würfe sollte in etwa die Altersstruktur des jeweiligen Bestandes widerspiegeln. Außerdem ist bei der Selektion der Probanden darauf geachtet worden, dass nach Möglichkeit aus jedem Wurf das leichteste männliche sowie das leichteste weibliche Ferkel in die Probenentnahme einbezogen wurden. Die Saugferkel wurden von einer Hilfsperson angehoben und sicher fixiert. Vor der Entnahme der Nasentupfer erfolgte eine trockene Reinigung der Rüsselscheibe mit einem Zellstofftuch (Vala[®]Clean, Fa. Hartmann, D-89522 Heidenheim). Unmittelbar im Anschluss wurde der sterile, original verschlossene Tupfer (Abstrichbesteck mit Aluminiumstab und Dacron Tupfer, Nerbe plus, 21423 Winsen Luhe) geöffnet und zur Probenentnahme so tief wie möglich in den rechten oder linken ventralen Nasengang des Ferkels eingeführt. Mit Daumen und Zeigefinger wurde der Tupfer dreimal jeweils um etwa 1/3 seiner eigenen Achse gedreht. Die Pausen zwischen den einzelnen Drehungen betragen jeweils ca. 3 Sek. Analog hierzu wurden die Tierhalter gebeten sich selbst Nasentupfer zu entnehmen. Diese Abstriche wurden entsprechend denen der Ferkel weiterverarbeitet. Nach der Probenentnahme wurde der Tupfer umgehend verschlossen, um eine Kontamination durch Erreger aus der Tierumgebung, bspw. der Stallluft, zu vermeiden. Die Tupfer wurden immer noch am selben Tag im Labor weiter bearbeitet. Zunächst wurden die Spitzen samt anhaftender Synthetikfaser mit einem Seitenschneider abgekniffen und zusammen mit 1,5 ml steril filtriertem Tris-EDTA-Puffer (TE-Puffer, pH 8, eigene Herstellung) in ein Reaktionsgefäß (2,0 ml-Eppendorf-Cups, PCR clean, Eppendorf AG, D-22331 Hamburg) gegeben. In diesen Reaktionsgefäßen wurden die Tupfer vor der DNA-Extraktion maximal 24 Std. bei 4 °C gelagert.

3.4. Untersuchung der Nasentupfer auf Genomfragmente von *M. hyopneumoniae*

Für die Untersuchung der Nasentupfer auf das Vorkommen spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* war zunächst die Extraktion sämtlicher DNA aus dem Tupfermaterial notwendig. Diese Extraktion erfolgte manuell unter Verwendung eines Spin-Kits, das Säulen mit einer Silika-Membran beinhaltet (QIAGEN® QIAamp® DNA Mini Kit, Qiagen GmbH, D-40724 Hilden). Vor Beginn der Arbeiten wurde ein Thermomixer (Thermomixer Comfort 2 ml, Eppendorf AG) auf 56 °C vorgeheizt. Außerdem wurden 2-Propanol (Merck KGaA, D-64271 Darmstadt) und Zellstoff zur Zwischendesinfektion bereitgestellt. Eine Registrierung der Proben auf einem Tagesplan diente der Identifikation fortlaufend nummerierter Reaktionsgefäße während der Untersuchung. Zusätzlich zu den Proben eines Bestandes wurden in jedem Test eine Präparationspositiv- und eine Präparationsnegativkontrolle untersucht. Die Präparationspositivkontrolle basiert auf einem gentechnisch veränderten Mikroorganismus (GVO; hier *E. coli* K12), der in einem Plasmid exakt die gleiche DNA-Sequenz besitzt, wie sie von der jeweiligen PCR als erregerspezifisch amplifiziert wird. Als Präparationsnegativkontrolle wurde Wasser verwendet (LiChrosolv, Merck KGaA, D-64271 Darmstadt).

3.4.1. Vorbereitung der Proben

Die in TE-Puffer asservierten Tupferspitzen wurden 30 Min. lang bei 56 °C auf dem Thermomixer inkubiert. Anschließend wurden die Reaktionsgefäße für ca. 15 Sek. auf einem Vortex (Test Cube.Shaker ECN 444-1372, VWR International ni/sa, B-3001 Leuven) geschüttelt und für ca. 5 Sek. zentrifugiert (Centifuge 5424, Eppendorf AG). Im Folgenden wurde jeder Tupfer in eine gekürzte 300 µl - Pipettenspitze (Fa. Nerbe Plus, D-21423 Winsen Luhe) überführt, die in einem neuen Reaktionsgefäß stand. Diese Kombination aus Tupferspitze und Pipettenspitze wurde für ca. 15 Sek. bei 5000 g zentrifugiert, um weitere Flüssigkeit aus der Synthetikfaser zu erhalten. Die Pipettenspitzen samt Tupfer wurden verworfen, bevor die beiden Lösungen einer Probe (TE-Puffer im ersten Reaktionsgefäß + TE-Puffer nach Zentrifugation im

zweiten Reaktionsgefäß) wieder zusammengeführt wurden. Abschließend erfolgte eine Zentrifugation für 20 Min. bei 20000 g. Der Überstand wurde dekantiert und verworfen. Das Pellet am Boden des Reaktionsgefäßes wurde für die weitere DNA-Extraktion verwendet.

3.4.2. *Extraktion der DNA*

Die Pellets wurden in einer Lösung aus 180 µl ATL-Puffer (QIAGEN® QIAamp® DNA Mini Kit, Qiagen GmbH, D-40724 Hilden) und 20 µl Proteinase K resuspendiert. Dazu wurde das Reaktionsgefäß mit dem Pellet und der Lösung so lange auf dem Vortex geschüttelt, bis sich das Pellet vollständig aufgelöst hatte. Unmittelbar folgend wurde die Suspension für 1 Std. bei 56 °C und 950 rpm im Thermomixer inkubiert.

Nach der Inkubation wurden die Proben erneut für ca. 15 Sek. auf dem Vortex geschüttelt und für ca. 5 Sek. bei 8000 g zentrifugiert. Anschließend wurden in jedes Reaktionsgefäß 200 µl AL-Puffer (QIAGEN® QIAamp® DNA Mini Kit, Qiagen GmbH, D-40724 Hilden) pipettiert und die Probe ca. 15 Sek. auf dem Vortex durchmischt, um dann für 10 Min. bei 70 °C und 950 rpm auf dem Thermomixer zu inkubieren. Es folgte ein erneutes Mischen der Suspension für ca. 15 Sek. auf dem Vortex und eine Zentrifugation für ca. 5 Sek. bei 8000 g.

Zur Präzipitation der freien DNA wurden in jedes Reaktionsgefäß 200 µl Ethanol (96 %) (Merck KGaA, D-64271 Darmstadt) pipettiert und dann unmittelbar für ca. 15 Sek. auf dem Vortex geschüttelt. Anschließend wurden die Proben für ca. 15 Sek. bei 8000 g zentrifugiert. Die Isolierung der DNA erfolgte an einer Silikamembran. Dazu wurden zunächst Säulen mit integrierter Silikamembran in leere, 2 ml Flüssigkeit fassende Sammelröhrchen (aus dem Mini Kit) gestellt. Das gesamte Lysat einer Probe wurde auf die jeweilige Säule gegeben. Die Sammelröhrchen inklusive der Säulen wurden dann 1 Min. bei 6.000 g zentrifugiert, so dass sich keine Flüssigkeit mehr oberhalb der Membran befand. Sammelröhrchen und Flüssigkeit wurden daraufhin verworfen. Die Säulen wurden in neue Sammelröhrchen gesetzt und mit 500 µl AW1 Puffer befüllt. Anschließend wurden sie erneut für 1 Min. bei

6.000 g zentrifugiert. Wie im vorangegangenen Schritt wurden Sammelröhrchen samt Flüssigkeit verworfen und die Säulen in neue Sammelröhrchen umgesetzt. Nachdem die Säulen mit 500 µl AW2 Puffer befüllt wurden, erfolgte eine Zentrifugation für 3 Min. bei 20.000 g. Nach wiederholtem Umsetzen der Säulen auf ein neues Sammelröhrchen (s.o.) wurden die Proben für 1 Min. bei 20.000 g zentrifugiert. Zum Eluieren der DNA wurde jede Säule in ein Reaktionsgefäß (1,5 ml-Eppendorf-Cup, PCR clean, Eppendorf AG, D-22331 Hamburg) gesetzt, mit 200 µl AE-Puffer (Elutionspuffer) beladen und 1 Min. bei Raumtemperatur inkubiert. Abschließend wurde das Reaktionsgefäß mit beladener Säule für 1 Min. bei 6.000 g zentrifugiert, so dass sich das DNA-Extrakt sammelte.

Das DNA-Extrakt wurde bis zur weiteren Verwendung bei etwa 4 °C im Kühlschrank gelagert.

3.4.3. Nachweis der Genomfragmente von *M. hyopneumoniae*

Der Nachweis der Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* aus den Nasentupfern erfolgte mit einer *real-time* PCR (GIANI et al. 2005). In dieser multiplex *real-time* PCR werden spezifische TaqMan[®]-Sonden verwendet, die während der Amplifikation mit verschiedenen Primern zwei verschiedene Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* detektieren (REP und ABC). Die Notwendigkeit der Detektion zweier unterschiedlicher Genomfragmente zur Identifikation beruht auf der Tatsache, dass nicht alle Stämme von *M. hyopneumoniae* beide Genomfragmente, sondern teils auch nur die REP oder nur die ABC Sequenz besitzen.

3.4.3.1 Herstellung des Mastermixes

Die Herstellung des Mastermixes erfolgte unter einer Sterilwerkbank (DNA/RNA-Cleaner UVC/T-M-AR, Fa. G. Kisker, 48543 Steinfurt) in einem separaten Raum.

Zu Beginn der Studie wurde eine ausreichend große Menge Mastermix (ca. 80 ml) für die Untersuchung aller Proben hergestellt und anschließend in Alliquots zu 1 ml abgefüllt (bei -20 °C ca. 1 Jahr haltbar). Pro ml Mastermix wurden 555,6 µl TaqMan

Universal PCR Master Mix 2x, je 3,3 µl REP-Primer L/R, 13,9 µl REP-Sonde, 3,3 µl ABC-Primer L, 6,7 µl ABC-Primer R1 + R2, 27,8 µl ABC Sonde, 11 µl IPC Template 50x sowie 319,5 µl DNA(se)-/RNA(se)- freies Wasser in ein Reaktionsgefäß pipettiert und auf einem Vortex Mixer (SA8, Fa.Stuart, Bibby Sterilin LTD. Stone, Staffordshire, ST15 09A, UK) gemischt.

Der TaqMan Universal PCR Master Mix sowie die ABC Sonde wurden von der Firma Applied Biosystems (Foster City, CA 94404, USA), die Primer und die REP Sonde von der Firma Metabion (Metabion International AG, D-82152 Planegg-Martinsried) bezogen.

Bei der IPC (*internal positive control*) handelt es sich um eine interne Amplifikations-Positiv-Kontrolle, deren Template-DNA (Matrize) und entsprechend komplementäre Primer im Testkit „TaqMan® Exogenous Internal Positive Control Reagents (VIC™ Probe)“ (Fa. Applied Biosystems) enthalten sind.

Folgende Primer und Sonden wurden verwendet:

- **REP-Primer L:** MHPTM950-L 100 μ M
(finale Konzentration: 300 nM)
Sequenz: 5`TTG ACT GCT ATC TTT GCA CGA TAA G3`
- **REP-Primer R:** MHPTM950-R 100 μ M
(finale Konzentration: 300 nM)
Sequenz: 5`ACA ATA ATT GCT GAC CGT GGC3`
- **REP-Sonde:** MHPTM950-FT 10 μ M*
(finale Konzentration: 250 nM)
Sequenz: 5`TGT CCA CTG CTG CAA ATA TTC GAT TTC TTG AA3`
Cy5-BHQ-2
- **ABC-Primer L:** MHABCTM-L 100 μ M
(finale Konzentration: 300 nM)
Sequenz: 5`GAT ATG GGA AAC ATT GTT CTT GGT T3`
- **ABC-Primer R1+R2:** MHABCTM-L 100 μ M
(finale Konzentration: 300 nM)
Sequenz: 5`GTT CAG TCA AAT YTT TCT TTT CCA AA3`
- **ABC-Sonde:** MHABCTM-MGB 10 μ M*
(finale Konzentration: 250 nM)
Sequenz: 5`TTT GGA TAT AAG CAA TCA TC3` FAM-TAMRA

Zu*: Die Sonden hatten eine Konzentration von 100 μ M und wurden vor der Verwendung in der *real-time*-PCR 1:10 verdünnt.

3.4.3.2 Reaktionsansatz

Die Vertiefungen (sog. *wells*) einer *Micro Amp*[®] 96-Well Optical Reaction Plate (Applied Biosystems) wurden, entsprechend der Anzahl der zu untersuchenden Proben, mit jeweils 22,5 µl Mastermix und 2,5 µl DNA-Extrakt befüllt (QIAamp[®] DNA Mini Kit, Qiagen GmbH, D-40724 Hilden). Anschließend wurde die gesamte Platte mit einer Folie (Micro Amp Clear Adhesive Film, Applied Biosystems) abgeklebt und 2 Min. bei 1050 g zentrifugiert (Centrifuge 5810 R, 22339 Hamburg). Durch die Zentrifugation wurden mögliche Luftblasen am Boden der *wells* entfernt, weil diese die optische Messung beeinflussen können.

Die *real-time* PCR wurde mit dem Applied Biosystems 7500 *real-time* PCR System (Applied Biosystems, Foster City, CA 94404, USA) durchgeführt. Für die Amplifikation wurden folgende Zyklusparameter (Tabelle 1) verwendet:

Tabelle 1: Zyklusparameter

	Temperatur (°C)	Dauer/Zyklus (Sek.)	Anzahl der Zyklen (n)
first denaturation	95	600	1
denaturation	95	15	1
annealing und extension	60	60	50

Das PCR-System wurde mit Hilfe der *Sequence Detection Software* (Version 1.4, 7500 System Software, Applied Biosystems) gesteuert. Diese Software hat auch die Daten des PCR-Systems (Ergebnisse der Fluoreszenzmessung) gespeichert und numerisch sowie visuell dargestellt. Nach der PCR wurden zur Interpretation der Ergebnisse (positiv vs. negativ) die Schwellenwerte (*thresholds*) nach GIANI (2005) verwendet. Der *threshold* für Cy5-BHQ-2 betrug 0,02 ($\Delta C_p > 0,02 \cong \text{REP} = \text{positiv}$) und der *threshold* für FAM-TAMRA 0,06 ($\Delta C_p > 0,06 \cong \text{ABC} = \text{positiv}$).

Die Beurteilung des Status einer Probe wurde unter Berücksichtigung der Ergebnisse für beide Zielsequenzen und der IPC vorgenommen (Tabelle 2):

Tabelle 2: Interpretation der *real-time* PCR

ABC und/oder REP dye signal (target)	VIC dye signal (IPC)	Ergebnis
+	+,-	<i>Positiv</i>
-	+	<i>Negativ</i>
-	-	<i>Wiederholung notwendig, da keine Amplifikation stattgefunden hat (Inhibition wahrscheinlich)</i>

3.5. Erstellung einer elektronischen Datenbank

Die handschriftlich auf den Fragebögen erfassten Daten wurden unter Verwendung von InfoPath und Excel (Microsoft Office 2003 Professional Edition; Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052 USA) digitalisiert. In Microsoft Office InfoPath 2003 wurde zunächst ein Formular erstellt, das ein dem Fragebogen sehr ähnliches Layout besaß. Auf diese Weise sollte eine möglichst einfache und fehlerfreie Datenübertragung gewährleistet werden. In dem elektronischen Formular wurde jedem Antwortfeld resp. jedem Parameter ein Steuerelement zugeordnet, das ausschließlich Texteingabe akzeptierte (string-Text). Es konnte der jeweilige Code oder der Text der freien Antwort auf eine offene Frage eingegeben werden. Für zahlreiche Steuerelemente wurde die Funktion „Darf nicht leer gelassen werden“ aktiviert, um vor der Speicherung des Formulars eine automatische Datenüberprüfung vorzunehmen. Für jeden Bestand wurde ein Formular ausgefüllt und abschließend als XLS-Datei gespeichert. Nach Eingabe aller Fragebögen wurden die einzelnen XLS-Dateien mittels einer kumulativen Exportfunktion von InfoPath zusammengeführt und über eine Schnittstelle an Excel übergeben. Während dieses Prozesses wird ein einziges Tabellenblatt erstellt (Hauptdatenblatt), in dem alle Daten eines Bestands (entspricht allen Daten eines einzigen Formulars) in einer Zeile aufgeführt werden. Die Anzahl der Spalten ist identisch mit der Anzahl der Steuerelemente bzw. der Parameter im ursprünglichen Formular. Die Daten zur Haltung im Abferkelstall (Alter der Stalleinrichtung in Jahren, Anzahl der Abferkelplätze pro Abteil, Variation der Abferkeltermine im Abteil in Tagen, Boden in der Abferkelbucht, Boden im Ferkelstall, Heizung im Ferkelstall, Dauer der Beheizung in Tagen, Zuluft im Abferkelabteil, Abluft im Abferkelabteil) und die Informationen zu den weiterführend untersuchten Ferkeln (Anzahl bisheriger Würfe des Muttertieres, Wurfgröße, Alter und Geschlecht der untersuchten Ferkel) wurden nicht übernommen, weil sie zunächst auf Ebene der Bestände zusammengefasst werden mussten. Diese Daten wurden stattdessen in ein separates Datenblatt in Excel eingegeben und dort weiter bearbeitet (s.u.). Das

Hauptdatenblatt wurde abschließend um Informationen zu den untersuchten Ferkeln sowie um die Ergebnisse der *real-time*-PCR erweitert.

Mit dem Ziel einer standardisierten und einheitlichen Eingabe der Datensätze, wurden zu Beginn folgende Festlegungen getroffen:

- für Bestände, die bei der Untersuchung angaben, „Ferkelerzeuger mit Restemast“ zu sein, wurde die Variable „Produktionstyp“ um eine neue Kategorie erweitert.
- für die Variable Genetik wurden zusätzlich die Kategorien „Schaumann“, „AB“, „DExDL“ und „sonstige“ eingeführt.
- bei der Altersstruktur der Sauenherde wurde die Kategorie „0. Wurf“ zugefügt.
- bei Fragen nach der Leerstehzeit der Abteile wurde bei Angaben „von (x) bis (y)“ immer die kleinste Zahl (x) eingegeben.
- bei der Variablen „Waschen der Sauen“ wurde die Kategorie „ja - im Wartestall“ zugefügt.
- bei Fragen nach dem Zeitpunkt zootecnischer Maßnahmen wurde bei Angaben „von (x) bis (y)“ immer die größte Zahl (y) eingegeben.
- zur Liste der Impfstoffe gegen *M. hyopneumoniae* wurde „Ingelvac MycoFLEX“ hinzugefügt.
- bei unterschiedlicher Größe der Flatdeckabteile wurden lediglich die minimale und die maximale Anzahl der Plätze erfasst.
- wurden unterschiedlich viele Tiere je Zukauf erworben, wurden die minimale und die maximale Anzahl der Tiere erfasst.

Die Daten zur Haltung der Ferkel im Abferkelstall und die Informationen zu den weiterführend untersuchten Saugferkeln (einschließlich der Ergebnisse der *real-time*-PCR) wurden auf Ebene des Bestandes kondensiert (s.u.) und in das Hauptdatenblatt eingefügt.

Um die Haltungsbedingungen im Abferkelstall auf Ebene eines Bestandes darstellen zu können, wurde Folgendes festgelegt:

- als Alter des Abferkelstalles galt das höchste Alter, das vom Tierhalter für einen Stall resp. ein Abteil angegeben wurde.
- als Anzahl der Abferkelplätze pro Abteil galt die größte Anzahl von Abferkelplätzen pro Abteil, die in einem Bestand erfasst werden konnte.
- als Variation der Abferkeltermine innerhalb eines Abteils galt der größte Abstand zwischen erster und letzter Abferkelung in einem Abteil, der während der Untersuchung erfasst werden konnte.

Um die Ausstattung der Abferkelabteile auf der Ebene eines Bestandes darstellen zu können, wurden neue Kategorien gebildet:

- Boden in der Abferkelbuch:
NUR Kunststoff vs. Kunststoff + andere Materialien
- Boden im Ferkelnest:
NUR Kunststoff vs. Kunststoff + andere Materialien
- Heizung im Ferkelnest:
NUR Warmwasser + Infrarotlampe vs. andere Heizsysteme
- Zuluft im Abferkelstall:
NUR Ganglüftung vs. andere Lüftungssysteme
- Abluft im Abferkelstall:
NUR Deckenventilator vs. andere Lüftungssysteme

Für andere Parameter, deren Ausprägungen mit einer metrischen Skala erfasst werden konnten (bspw. Alter der Ferkel bei Probenentnahme, etc.), wurde der arithmetische Mittelwert berechnet und dem Bestand im Hauptdatenblatt zugeordnet.

Alle Daten wurden ohne personenbezogene Angaben erfasst. Eine Zuordnung von Angaben zu individuellen Beständen war somit ohne eine Verknüpfung der Studienkennziffer mit den Deckblättern der Originalfragebögen nicht mehr möglich. Mit dieser Methode wurden eine vollständig anonyme Auswertung der Studienergebnisse und ein Schutz personenbezogener Daten gewährleistet.

Die Daten in Excel wurden vor der weiteren statistischen Betrachtung zunächst einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Dazu wurden Filter verwendet, Minima und Maxima betrachtet, Summen gebildet und leere Zellen interpretiert. Auffällige Daten konnten anhand der Identifikationsnummer des Datensatzes in Excel und dem dazu gehörenden Original-Fragebogen überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

3.6. Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit dem Software Paket NCSS [Version 07.1.4. (2007) (Hintze, J. (2007): NCSS. NCSS, LLC. Kaysville, Utah. (www.NCSS.com)] durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden Häufigkeiten und Verteilungen von Merkmalsausprägungen berechnet und dargestellt. Anhand von Häufigkeitstabellen inklusive Minimalwert, Maximalwert, geometrischer und arithmetischer Mittelwert sowie Median wurde der gesamte Datensatz noch einmal hinsichtlich seiner Plausibilität und möglicher Fehleingaben überprüft. Ein besonderes Augenmerk wurde auch auf fehlende Werte („missing values“), falsche Kodierungen und Formatfehler gelegt. Die kontinuierlichen Variablen wurden auf Extremwerte (Ausreißer) kontrolliert; trat eine große Streuung und/oder ungleiche Verteilung auf, wurde umgehend die Möglichkeit einer Kategorisierung überprüft. Für einige Parameter konnten unter Berücksichtigung veterinärmedizinischer Zusammenhänge verschiedene Merkmalsausprägungen sinnvoll zusammengefasst und neu kodiert werden. In Fällen, in denen logischerweise keine Antwort möglich war (bspw. Fragen nach dem Impfstoff, wenn die Schweine nicht geimpft wurden, etc.), wurden Zellen mit „999“ besetzt und aus der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Aus Datumsangaben zu bestimmten Maßnahmen oder Vorkommnissen (bspw. Tag der letzten Impfung der Sauen gegen PRRSV, Tag des letzten Zukaufs von Jungsauen, etc.) wurde unter Bezug auf den Tag der Untersuchung eine Differenz in Tagen berechnet und in eine neue Spalte eingefügt. Die Angaben zur Bestandsgröße in „Anzahl Sauen im Bestand“ (Angabe durch den Tierhalter) sind auf Plausibilität geprüft worden, indem die Tierzahlen „x Sauen je y Wurf“ (Angaben aus dem Sauenplaner) addiert wurden. Da zahlreiche Abweichungen auftraten und die Daten aus einem Sauenplaner grundsätzlich als valider zu bewerten sind, wurden die Tierhalterangaben durch die entsprechenden Summen ersetzt.

Mit dem Ziel nur ausgewählte und relevante Parameter in eine komplexere statistische Analyse einzubeziehen, wurden zunächst alle Variablen einzeln mittels univariabler logistischer Regression auf ihre Assoziation mit dem Zielwert (*outcome variable*: Nachweis einer Infektion mit *M. hyopneumoniae* bei mindestens einem Saugferkel des Bestands [ja/nein]) überprüft.

Für Merkmale/Parameter mit metrischer Ausprägung wurde außerdem die Linearität geprüft. Da bei der einfachen logistischen Regression angenommen wird, dass die Daten in einem linearen Zusammenhang zu den *Odds ratios* stehen, muss bei nicht vorhandener Linearität der Daten, soweit aus veterinärmedizinischer Sicht sinnvoll und vertretbar, kategorisiert werden. Andernfalls wäre die logistische Regression nicht zulässig.

In den Fällen, in denen *missing values* aufgrund von Datenerhebungen an Subpopulationen auftraten, wurden in der Regel nur die übergeordneten Fragen/Parameter, die alle Bestände berücksichtigten, in die Auswertung einbezogen: der Einfluss einer Impfung der Jungsauen gegen *M. hyopneumoniae* wurde untersucht; der Zeitpunkt der Impfung (als „untergeordnete Frage“) wurde jedoch ausgeschlossen, weil er nur von Interesse ist, wenn der übergeordnete Parameter tatsächlich einen Einfluss zeigt.

Alle Variablen mit einer Tendenz zur Assoziation mit der Zielvariablen ($p < 0,2$ resp. $p < 0,1$) wurden auch auf eine mögliche Korrelation untereinander geprüft, um Scheinkorrelationen und Confounding auszuschließen.

Abschließend wurden Variablen mit Tendenz zur Assoziation resp. signifikanter Assoziation mit der Zielvariablen in verschiedene Cluster eingeteilt und in multivariablen Regressionsmodellen hinsichtlich ihres tatsächlichen Einflusses auf die Zielvariable untersucht.

4. Ergebnisse

4.1. Nachweis spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae*

Zwischen Juni 2009 und Juli 2010 wurden 125 Schweineherden in Nord-West-Deutschland mittels Fragebogen epidemiologisch charakterisiert und hinsichtlich des Vorkommens von *M. hyopneumoniae* auf der Nasenschleimhaut von Saugferkeln kurz vor dem Zeitpunkt des Absetzens molekularbiologisch untersucht. In jeder Herde wurden aus je 10 Würfen 2 Saugferkel untersucht, so dass insgesamt 2500 Nasentupfer mittels PCR auf spezifische Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* zu testen waren.

Das Alter der Saugferkel zum Zeitpunkt der Probenentnahme betrug im Mittel 21,8 Tage (95 % CI: 21,3 - 22,3). Die Tiere stammten aus Würfen mit durchschnittlich 12,7 (95 % CI: 12,5 - 12,9) lebend geborenen Ferkeln. Die mittlere Wurfzahl der Sauen betrug 4,1 (95 % CI: 3,9 - 4,3) Würfe.

Spezifische Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* wurden bei 3,9 % (98/2500) aller Ferkel nachgewiesen (Abbildung 1).

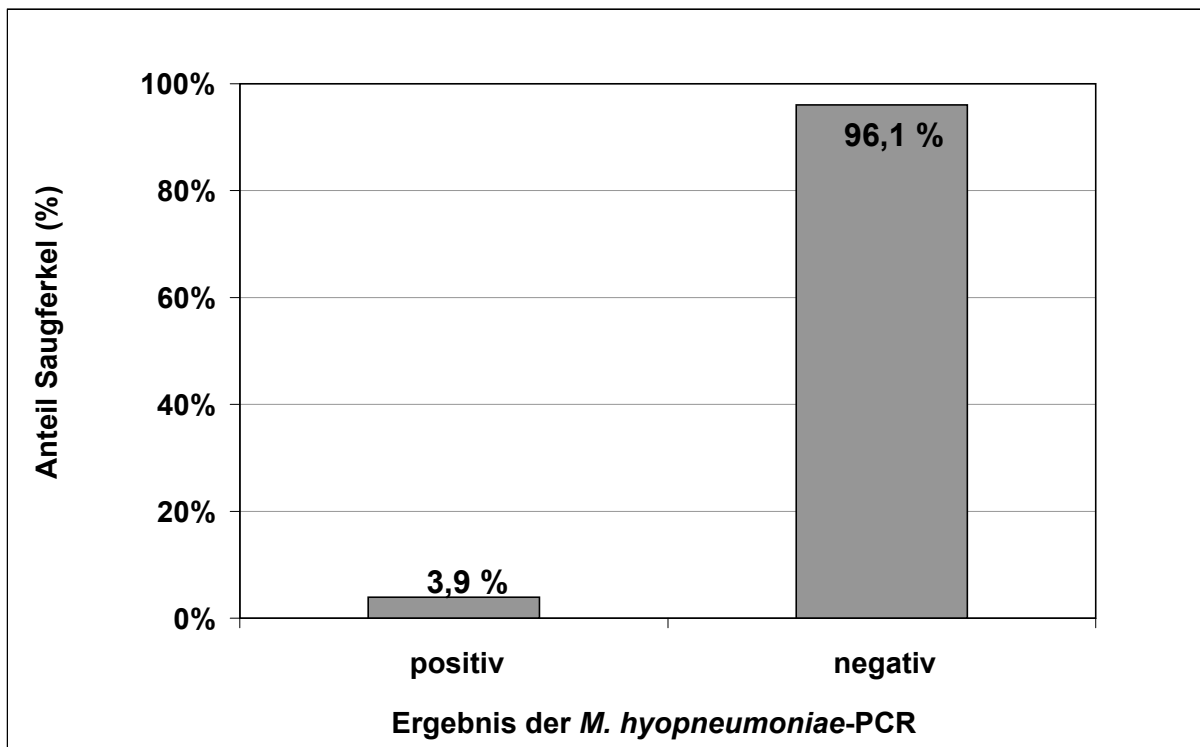


Abbildung 1: Anteile *M. hyopneumoniae*-PCR positiver und negativer Saugferkel

Für die weitere Auswertung der Ergebnisse, die deskriptive Statistik sowie die Untersuchung potentieller Risikofaktoren wurde die Herde als statistische Einheit betrachtet. Eine Herde wurde als „*M. hyopneumoniae* positiv“ klassifiziert, wenn bei mindestens einem Saugferkel aus dem Bestand *M. hyopneumoniae* im Nasentupfer mittels PCR nachgewiesen werden konnte. Im Umkehrschluss wurde eine Herde als „*M. hyopneumoniae* negativ“ klassifiziert, wenn alle Proben der 20 Ferkel in der PCR ein negatives Ergebnis erbracht hatten.

Insgesamt waren 36,8 % (46/125) der Herden „*M. hyopneumoniae* positiv“ (Abb. 2).

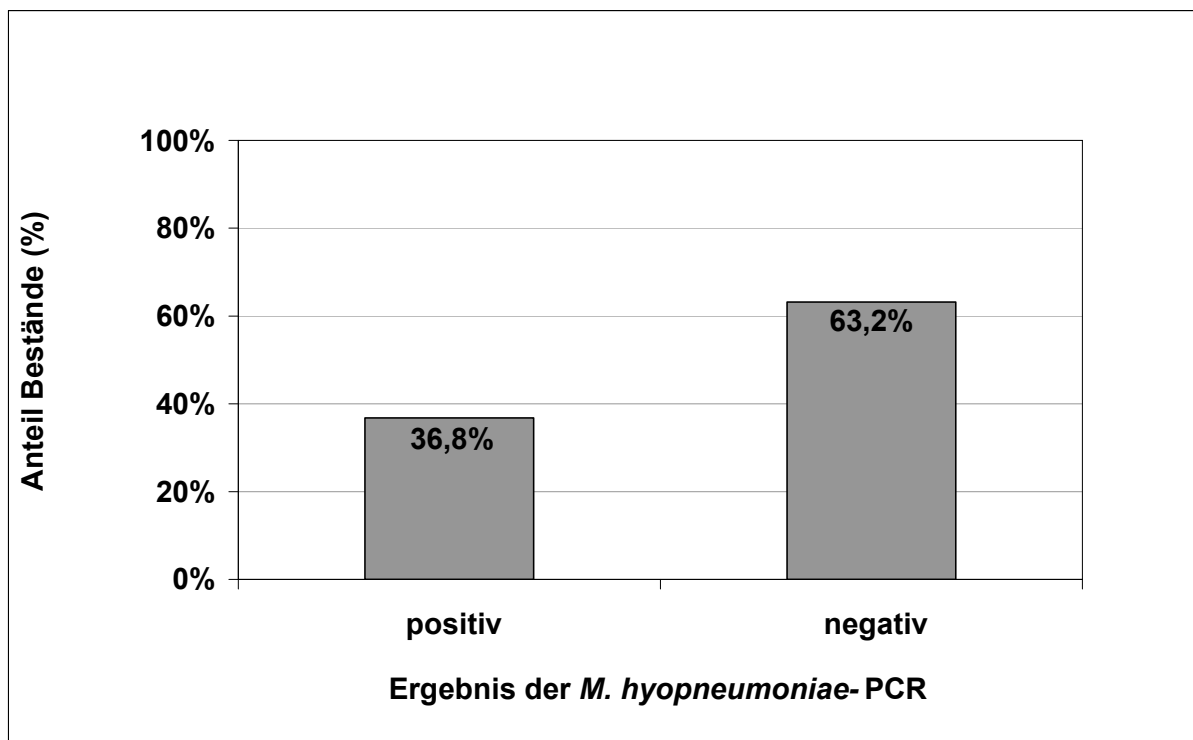


Abbildung 2: Anteile *M. hyopneumoniae*-PCR positiver und negativer Saugferkelbestände

Die Häufigkeit, mit der *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln nachgewiesen werden konnte, variierte zwischen 0 % in 79 Herden und 75 % in einer Herde. Betrachtet man ausschließlich positiv klassifizierte Herden, betrug die Nachweishäufigkeit 5 % (1/20 Proben) bis 75 % (15/20 Proben) (Abb. 3).

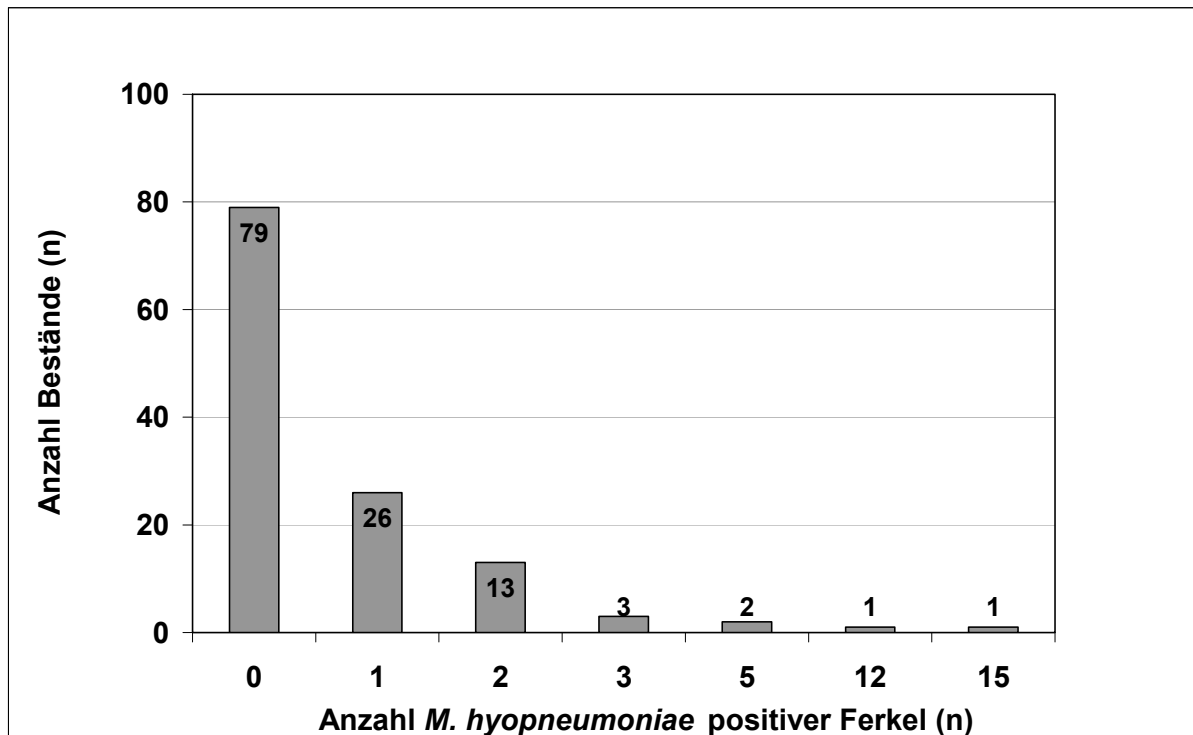


Abbildung 3: Nachweishäufigkeit von *M. hyopneumoniae* mittels PCR an Nasentupfern von jeweils 20 Saugferkeln pro Bestand (n = 125)

In 108 Beständen nahmen auch die Tierhalter selbst an der Untersuchung teil und stellten einen von sich selbst entnommen Nasentupfer für die PCR zum Nachweis spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* zur Verfügung. In 14,8 % (16/108) dieser Tupfer wurden Genomfragmente des Erregers nachgewiesen. In fünf Beständen wurde der Erreger aus dem Nasentupfer des Landwirtes, jedoch nicht bei den Saugferkeln nachgewiesen. In 17 Beständen verweigerten die Tierhalter aus unterschiedlichen Gründen die Teilnahme an der Untersuchung von sich selbst

entnommener Nasentupfer. Sechs dieser Bestände wurden später als positiv und elf als negativ hinsichtlich des Vorkommens von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln klassifiziert (Abb. 4).

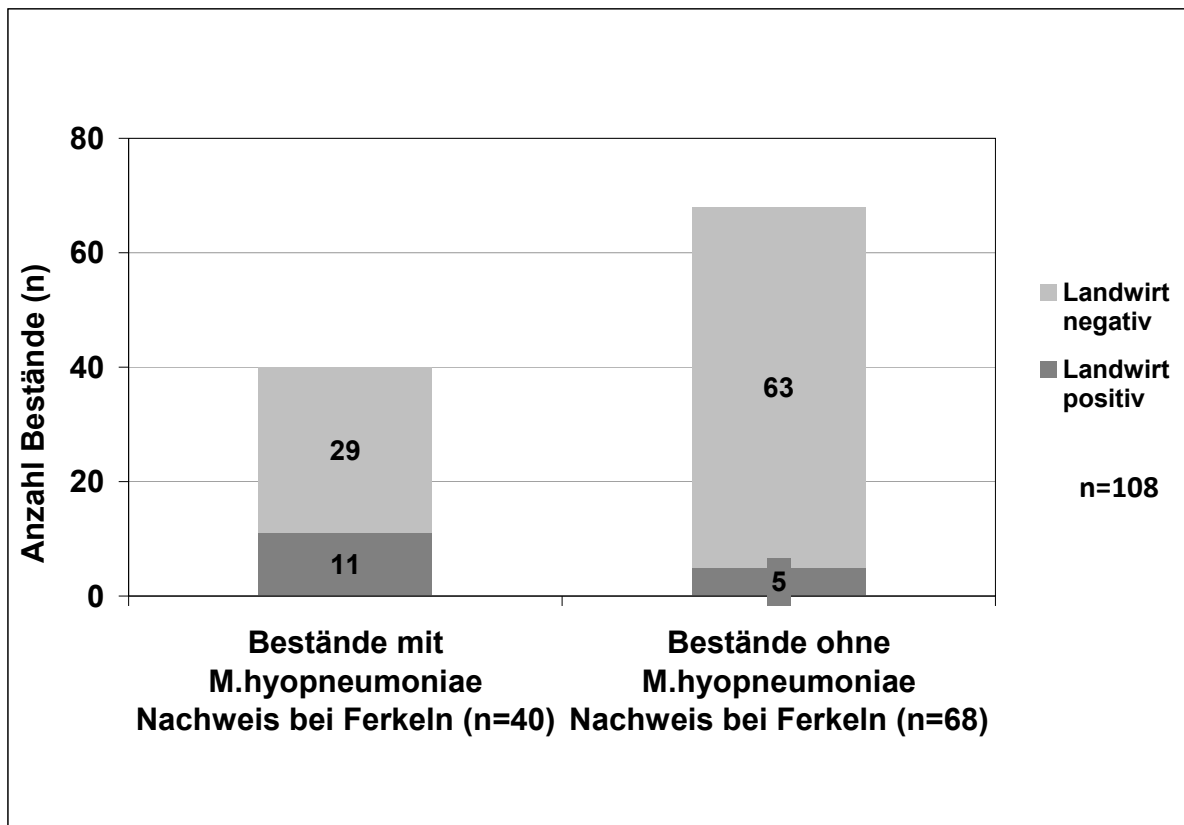


Abbildung 4: Nachweishäufigkeit von *M. hyopneumoniae* mittels PCR an von sich selbst entnommenen Nasentupfern von 108 Landwirten

4.2 Ergebnisse der epidemiologischen Charakterisierung

4.2.1 Allgemeine Angaben zu den Beständen

Insgesamt 69,6 % (87/125) der Bestände konnten dem Produktionstyp „Kombibetrieb“ zugeordnet werden. Die übrigen 30,4 % (38/125) der Bestände wurden den Kategorien „Ferkelerzeuger“ (27,2 %) resp. „Ferkelerzeuger, die wenige nicht verkaufsfähige Ferkel selber mästen“ (3,2 %) zugeordnet (Tabelle 3). Die mittlere Größe aller Bestände betrug 262,6 (95 % CI: 236,2 – 289,0) Sauen, die mittlere Anzahl der Jungsauen im Bestand 39,3 (95 % CI: 34,2 – 44,4) (Tabelle 4).

In 48 % (60/125) der Bestände waren in dem Stall resp. in den Ställen mit den Abferkelabteilen außer Sauen und ggf. Ebern keine Schweine anderen Alters untergebracht. Insbesondere Absetzferkel, Mastschweine und Jungsauen waren in diesen Beständen in anderen Stallgebäuden an derselben Hofstelle oder in Gebäuden an anderen Hofstellen eingestallt (Tabelle 3).

In 14,4 % (18/125) der Bestände standen für die Absetzferkel weniger als fünf Abteile zur Verfügung (Tabelle 3). Die minimale Anzahl der Aufzuchtplätze im Flatdeck betrug im Mittel 121,7 (95 % CI: 107,2 – 136,1) Plätze pro Abteil, die maximale Anzahl 185,3 (95 % CI: 169,1 – 201,5). Die Gesamtzahl der Ferkelaufzuchtplätze je Bestand lag im Mittel bei 1093,9 (95 % CI: 974,7 – 1213,0).

Tabelle 3: Allgemeine Angaben zu den Beständen (n=125)

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Produktionstyp	Kombibetrieb	69,6	87
	Ferkelerzeuger	27,2	34
	Ferkelerzeuger, die wenige nicht verkaufsfähige Ferkel selber mästen	3,2	4
Anzahl Sauen	< 250 Sauen	58,4	73
	250 bis < 500 Sauen	32,0	40
	≥ 500 Sauen	9,6	12
Anzahl Absetzferkel	≥ 250 und < 500 Absetzferkel	9,6	12
	≥ 500 und < 1000 Absetzferkel	46,4	58
	≥ 1000 Absetzferkel	44,0	55
Anzahl Mastschweine	< 500 Mastschweine	33,6	42
	≥ 500 und < 1000 Mastschweine	25,6	32
	≥ 1000 und < 2000 Mastschweine	25,6	32
	≥ 2000 Mastschweine	15,2	19

Fortsetzung Tabelle 3

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Gemeinsame Unterbringung im Gebäude mit den			
Abferkelställen	keine anderen Produktionsbereiche	15,2	19
	nur Absatzferkel und Mastschweine	12,0	15
	nur Sauen	48,0	60
	Absetzferkel, Mastschweine und Sauen	24,8	31
Umtrieb der Sauen durch belegte Flatdeck-			
Abteile	nein	98,4	123
	ja	1,6	2
Umtrieb der Sauen durch belegte			
Mastabteile	nein	99,2	124
	ja	0,8	1
Anzahl der Abteile			
im Flatdeck	< 5 Abteile	14,4	18
	≥ 5 und ≤ 10 Abteile	72,8	91
	> 10 Abteile	12,8	16

Tabelle 4: Mittlere Altersstruktur der Sauenherde

Anzahl der Würfe	Durchschnittliche Sauenzahl	95 % CI
0. Wurf	39,3	34,2 - 44,4
1. Wurf	45,5	40,2 - 50,8
2. Wurf	40,7	35,2 - 46,2
3. Wurf	35,6	30,9 - 40,3
4. Wurf	31,2	27,7 - 34,7
5. Wurf	24,1	21,3 - 26,9
6. Wurf	20,3	17,1 - 23,5
≥ 7. Wurf	28,9	24,2 - 33,6

Sauen der Genetik BHZP wurden in über 36,0 % (45/125) der Herden gehalten und waren damit in dieser Studie die am häufigsten verwendete Zuchtlinie (Abb. 5).

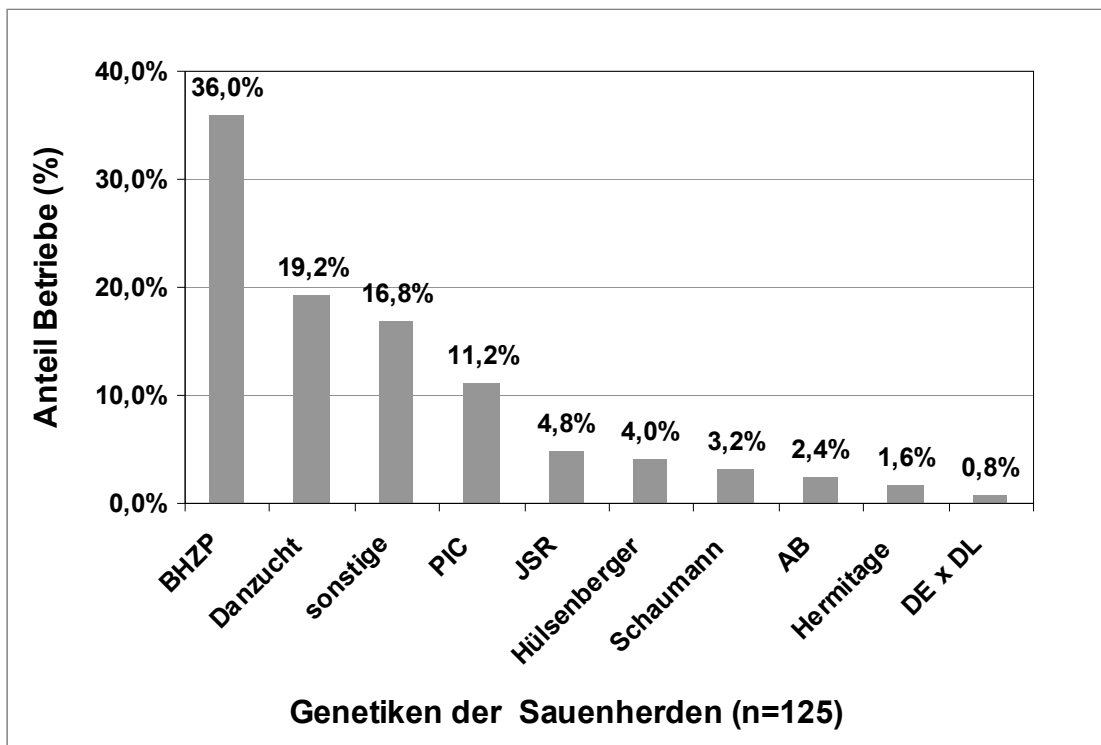


Abbildung 5: Genetik der Sauen

4.2.2 Management in den Beständen

Abferkelung

In 52,8 % (66/125) der Bestände wurde im 1- oder 3-Wochen-Rhythmus produziert, während die übrigen Bestände in einem anderen bzw. keinem Rhythmus geführt wurden. Von den Befragten gaben 68,0 % (85/125) an, im Abferkelabteil das Rein-Raus-Verfahren konsequent anzuwenden. Dementsprechend wurden in diesen Beständen keine Sauen aus anderen Abferkelgruppen zugestallt oder es gab separate Abteile für Zwischenabferkelungen. Bis auf einen Befragten reinigten alle Tierhalter die Abferkelabteile vor einer Neubelegung mittels Hochdruckreiniger. Nach eigenen Angaben desinfizierten 76,8 % (96/125) die Abteile vor jeder Neubelegung. Die Sauen wurden in 21,6 % (27/125) der Bestände jedes Mal gewaschen, bevor sie in die Abferkelabteile eingestallt wurden (Tabelle 5).

Ferkelaufzucht

In 83,2 % (104/125) der Bestände wurden, nach Auskunft der Tierhalter, die Abteile im Flatdeck konsequent nach dem Rein-Raus-Prinzip belegt. Außerdem gaben die Befragten an, die Abteile vor jeder neuen Belegung zu reinigen und zu desinfizieren. Die Reinigung fand in allen Beständen mittels Hochdruckreiniger statt (Tabelle 5). Vor einer neuen Belegung standen die Flatdeckabteile durchschnittlich 3,6 (95 % CI: 3,2 – 4,1) Tage leer.

Mast

In den 91 Beständen, die neben der Ferkelproduktion und -aufzucht auch eine eigene Mast betrieben oder zumindest wenige nicht verkaufsfähige Ferkel selber mästeten (Kombibetriebe oder Ferkelerzeuger mit Restemast), gaben 90,1 % (82/91) an, die Abteile nach jeder Ausstallung zu reinigen. Vor einer Neubelegung wurden die Abteile in 69,2 % (63/91) der Bestände jedes Mal desinfiziert (Tabelle 5). Die Leerstehzeit zwischen den Belegungen der Mastabteile betrug im Mittel 3,5 (95 % CI: 2,9 – 4,1) Tage.

Remonten

Die mittlere Remontierungsrate in den Beständen betrug 42,3 % (95 % CI: 40,8 - 43,8). Pro Jahr wurden je Bestand durchschnittlich 110,7 (95 % CI: 97,2 - 124,2) Tiere in 6,5 (95 % CI: 6,1 - 6,9) Zukäufen erworben. Die minimale Anzahl zugekaufter Tiere je Zukauf lag im Mittel bei 17,5 (95 % CI: 15,4 - 19,6), während die maximale Anzahl 18,7 (95 % CI: 16,6 - 20,8) Tiere betrug. Die Jungsauen waren zum Zeitpunkt der Lieferung in die Bestände im Mittel 175 (95 % CI: 170,9 - 179,1) Tage alt. Eine Eigenremontierung der Jungsauen wurde in 11,2 % (14/125) der Bestände durchgeführt. Die Jungsauen wurden in 86,4 % (108/125) der Bestände nach einer Eingliederungsphase in die Stammherde integriert (Tabelle 5). Die Dauer der Eingliederung lag bei 66,6 % (72/108) der Bestände zwischen drei und sechs Wochen (Tabelle 5). Während der Eingliederungsphase wurde in 44,5 % (48/108) der Bestände Kontakt von Jungsauen zu bestandsspezifischer Keimflora hergestellt (Tabelle 5). In 30,6 % (33/108) der Bestände fand dieser Kontakt über Schweine und in 13,9 % (15/108) der Bestände über unbelebte Vektoren statt (Tabelle 5). Bei den Kontakttieren handelte es sich um 1 - 40 Altsauen resp. Läufer, die zwischen 1 und 28 Tagen mit den Jungsauen zusammengestellt wurden. Den unbelebten Vektoren (Kot und Nachgeburten) wurden die Jungsauen ebenfalls über einen Zeitraum zwischen einem und 28 Tagen ausgesetzt. Die Eingliederungsställe waren in 69,5 % (75/108) der Bestände separate Gebäude an der Hofstelle (Tabelle 5). In 86,1 % (93/108) der Bestände wurden die Eingliederungsställe nach dem Rein-Raus-Prinzip belegt (Tabelle 5).

Jungeber wurden, im Gegensatz zu den Jungsauen, in 52 % (65/125) der Bestände aus der eigenen Aufzucht remontiert (Tabelle 5). Eine Eingliederung der Jungeber fand in 21,7 % (13/60) der zukaufenden Betriebe statt (Tabelle 5). Diese dauerte durchschnittlich 5,3 (95 % CI: 4 - 6,6) Wochen.

Tabelle 5: Managementmerkmale (n=125 Betriebe)

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
<i><u>Management Abferkelung</u></i>			
Abferkelrhythmus	1- oder 3- Wochen-Rhythmus	52,8	66
	anderer oder kein Rhythmus	47,2	59
Belegung der Abferkelabteile im Rein- Raus-Verfahren	zu 100 %	68,0	85
	zu < 100 %	32,0	40
Separates Abteil für Zwischenabferkelungen	nein	56,8	71
	ja	43,2	54
Leerzeit der Abferkelabteile	< 1 Tag	19,2	24
	≥ 1 Tag und ≤ 3 Tage	46,4	58
	> 3 Tage	34,4	43
Desinfektion vor Neubelegung der Abferkelabteile	nicht zu 100 %	23,2	29
	zu 100 %	76,8	96

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Reinigung der Abferkelabteile mittels Hochdruckreiniger zwischen den Belegungen	nicht zu 100 %	0,8	1
	zu 100 %	99,2	124
Waschen der Sauen vor der Einstallung ins Abferkelabteil	nie	45,6	57
	oft	32,8	41
	zu 100 %	21,6	27
Überwachung der Geburt	nicht konsequent	87,2	109
	konsequent (am Tag und in der Nacht)	12,8	16
Alter der Ferkel bei der Kastration	≤ 3 Tage	20,8	26
	> 3 Tage und < 7 Tage	49,6	62
	≥ 7 Tage	29,6	37
Alter der Ferkel beim Kürzen der Schwänze	≤ 3 Tage	75,2	94
	> 3 Tage und < 7 Tage	24,8	31

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Alter der Ferkel beim Kürzen der Zähne	kein Kürzen der Zähne	35,2	44
	ab dem 1. Lebenstag	64,8	81
Alter der Ferkel beim Einziehen der Ohrmarke	≤ 3 Tage	12,0	15
	> 3 Tage und < 7 Tage	40,8	51
	≥ 7 Tage	47,2	59
Alter der Ferkel beim Absetzen	≤ 20 Tage alt	8,0	10
	> 20 Tage und ≤ 28 Tage	87,2	109
	> 28 Tage	4,8	6
<u>Management im Flatdeck</u>			
Belegung der Flatdeckabteile im Rein-Raus-Verfahren	zu 100 %	83,2	104
	weniger als 100 %	16,8	21
Reinigung der Flatdeckabteile mittels Hochdruckreiniger zwischen den Belegungen	zu 100%	100,0	125

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Desinfektion der Flatdeckabteile zwischen den Belegungen	zu 100 %	83,2	104
	weniger als 100 %	16,8	21
<i><u>Management in der Mast</u></i>			
Belegung der Mastabteile im Rein-Raus-Verfahren ^a	zu 100 %	85,7	78
	weniger als 100 %	14,3	13
Reinigung der Mastabteile zwischen den Belegungen ^a	zu 100 %	90,1	82
	weniger als 100 %	9,9	9
Desinfektion der Mastabteile zwischen den Belegungen ^a	zu 100 %	69,2	63
	weniger als 100 %	30,8	28
<i><u>Management Jungsauen</u></i>			
Herkunft der Jungsauen	Eigenremontierung	11,2	14
	Zukauf	88,8	111
Eingliederung der Jungsauen	keine Eingliederung	13,6	17
	Eingliederung	86,4	108

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Dauer der Jungsaueneingliederung ^b	≤ 3 Wochen	24,1	26
	> 3 und ≤ 6 Wochen	66,6	72
	> 6 Wochen	9,3	10
Lage des Jungsauen- Eingliederungsstalls ^b	separater Standort	8,3	9
	separates Gebäude	69,5	75
	separates Abteil	22,2	24
Belegung des Jungsauen- Eingliederungsstalls im Rein-Raus-Verfahren ^b	Rein-Raus-Verfahren	86,1	93
	kontinuierlich	13,9	15
Kontakte der Jungsauen während der Eingliederung ^b	kein Kontakt	55,5	60
	Kontakt zu Schweinen	30,6	33
	Kontakt zu unbelebten Vektoren	13,9	15

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u>	<u>Anzahl</u>
		der Herden je Kategorie (%)	der Herden je Kategorie (n)
<i>Management Jungeber</i>			
Bezug von Jungebern	Eigenremontierung	52,0	65
	Zukauf	48,0	60
Anzahl der Jungeber-Zukäufe im letzten Jahr ^c	kein Zukauf	46,7	28
	mindestens ein Zukauf	53,3	32
Anzahl zugekaufter Jungeber im letzten Jahr ^c	keiner	46,7	28
	mindestens ein zugekaufter Eber	53,3	32
Eingliederung der Jungeber ^c	nein	78,3	47
	ja	21,7	13
Lage des Jungeber-Eingliederungstalls ^b	separater Standort	3,2	4
	separates Gebäude	6,4	8
	separates Abteil	0,8	1
Belegung des Jungeber-Eingliederungstalls ^b	Rein-Raus-Prinzip	92,3	12
	kontinuierlich	7,7	1

Fortsetzung Tabelle 5

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u>	<u>Anzahl</u>
		der Herden je Kategorie (%)	der Herden je Kategorie (n)
Kontakte der Jungeber während der Eingliederung ^b	kein Kontakt	53,8	7
	Kontakt zu Schweinen	38,5	5
	Kontakt zu unbelebten Vektoren	7,7	1

a	nur Bestände mit Mast
b	nur Bestände, die eine Eingliederung durchführen
c	nur Bestände, die Jungeber zukaufen
<	kleiner als
>	größer als
≤	kleiner als/gleich

4.2.3 Haltungsbedingungen in den Beständen

Abferkelung

Das mittlere Alter der Abferkelabteile betrug 13,9 (95 % CI: 12,6 – 15,2) Jahre. Die Bestände besaßen durchschnittlich 6,7 (95 % CI: 6,3 – 7,2) Abferkelabteile mit insgesamt 65,3 (95 % CI: 59,5 – 71,2) Abferkelplätzen. Je Abteil waren im Mittel 13,8

(95 % CI: 12,2 – 15,4) Abferkelplätze vorhanden. Die Abferkeltermine innerhalb eines Abteils lagen durchschnittlich 7,8 Tage (95% CI: 6,8 – 8,8) auseinander.

In 26,4 % (33/125) der Bestände bestand der Boden der Abferkelbucht ausschließlich aus Kunststoff. Dies traf in 28,0 % (35/125) der Bestände auch für den Boden der Ferkelnester zu. In 63,2 % (79/125) der Bestände wurde das Ferkelnest mittels Warmwasser und Infrarotlampe beheizt. Alle Ferkelnester wurden während der gesamten Säugezeit beheizt. Die Belüftung der Abferkelabteile erfolgte in 44,8 % (56/125) der Bestände ausschließlich über eine Ganglüftung, während die Entlüftung in 83,2 % (104/125) der Bestände ausschließlich über einen Ventilator erfolgte (Tabelle 6).

Remonten

Das mittlere Alter der Eingliederungsställe für Jungsauen lag bei 10,6 Jahren (95 % CI: 8,7 – 12,6). In 97,3 % (95/108) der Bestände gab es jeweils ein Abteil für die Jungsaueneingliederung. Jeweils ein Bestand besaß zwei, drei bzw. vier Abteile für die Jungsaueneingliederung (Tabelle 6). In jedem Abteil befanden sich im Mittel 2,4 Buchten (95 % CI: 2,3 – 2,8). Pro Bucht wurden durchschnittlich 11,3 (95 % CI: 9,6 – 12,9) und pro Abteil 19,5 (95 % CI: 16,8 – 22,3) Tiere gehalten. Im Mittel teilten sich jeweils 5,0 (95 % CI: 3,9 – 6,1) Tiere einen Fressplatz und 5,6 (95 % CI: 4,6 – 6,6) Tiere einen Tränkeplatz. Die Buchten waren im Mittel 25,0 m² (95 % CI: 20,8 – 29,2) und die Abteile 51,1 m² (95 % CI: 45,3 – 56,9) groß. Das Raumvolumen der Abteile betrug durchschnittlich 410,3 m³ (95 % CI: 332,1 – 488,5).

In 39,8 % (43/108) der Eingliederungsställe für die Jungsauen waren die Tiere auf Vollspalten aufgestellt. Die Zuluft wurde in 23,2 % (25/108) der Bestände über eine Ganglüftung zu- und in 53,7 % (50/125) der Bestände über einen Ventilator abgeführt (Tabelle 6).

In allen 13 Betrieben, die eine Eingliederung von Jungebern durchführten, gab es jeweils ein Eingliederungsabteil. Das durchschnittliche Alter der Stallung lag bei 9,2 (95 % CI: 3,7 - 14,7) Jahren. Pro Abteil waren zwischen einer und acht Buchten vorhanden. In elf Betrieben waren die Tiere einzeln in den Buchten untergebracht

und in zwei Betrieben teilten sich je zwei Tiere eine Bucht. Entsprechender Umstand galt auch für die Abteile. Die Buchten der Jungeber waren zwischen 4,5 und 82,0 m² groß und die Abteile zwischen 16,0 und 98,0 m² groß. Das minimale Raumvolumen betrug 33,6 m³ und das maximale Raumvolumen mehr als 1000 m³ (frei / offen).

Tabelle 6: Haltungsparmeter

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
<i><u>Haltung im</u></i>			
<i><u>Abferkelstall</u></i>			
Boden in der			
Abferkelbucht	100 % Kunststoff	26,4	33
	Kunststoff + andere Materialien	73,6	92
Boden im Ferkelstall			
Boden im Ferkelstall	100 % Kunststoff	28,0	35
	Kunststoff + andere Materialien	72,0	90
Heizung im			
Ferkelstall	Warmwasser + Infrarotlampe	63,2	79
	andere Heizsysteme	36,8	46
Zuluft im Abferkelstall			
Zuluft im Abferkelstall	100% Ganglüftung	44,8	56
	andere Lüftungssysteme	55,2	69
Abluft im Abferkelstall			
Abluft im Abferkelstall	100% Ventilator	83,2	104
	andere Lüftungssysteme	16,8	21

Fortsetzung Tabelle 6

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
<i><u>Jungsauenhaltung</u></i>			
Boden			
Eingliederungsstall ^a	Vollspalten	39,8	43
	andere Böden	60,2	65
Trennwände zwischen den Buchten im			
Eingliederungsstall ^a	geschlossen	57,4	62
	offen	42,6	46
Fütterung im			
Eingliederungsstall ^a	automatisch	60,2	65
	per Hand	39,8	43
Zuluft im			
Eingliederungsstall ^a	100 % Ganglüftung	23,1	25
	andere Lüftungssysteme	76,9	83
Abluft im			
Eingliederungsstall ^a	Ventilator	46,3	50
	andere Lüftungssysteme	53,7	58

Fortsetzung Tabelle 6

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Güllelagerung im			
Eingliederungsstall ^a	direkt unter den Tieren	92,6	100
	außerhalb des Stalles	7,4	8
<i><u>Jungeberhaltung</u></i>			
Boden im			
Eingliederungsstall ^a	Vollspalten	46,2	6
	anderer Boden	53,8	7
Trennwände			
zwischen den			
Buchten im			
Eingliederungsstall ^a	geschlossen	30,8	4
	offen	69,2	9
Fütterung im			
Eingliederungsstall ^a	automatisch	69,2	9
	per Hand	30,8	4
Zuluft im			
Eingliederungsstall ^a	Ganglüftung	30,8	4
	andere Lüftungssysteme	69,2	9
Abluft im			
Eingliederungsstall ^a	Ventilator	53,8	7
	andere Lüftungssysteme	46,2	6

Fortsetzung Tabelle 6

Variable	Kategorie	Anteil der Herden je Kategorie (%)	Anzahl der Herden je Kategorie (n)
Güllelagerung im Eingliederungsstall ^a	direkt unter den Tieren	92,3	12
	außerhalb des Stalles	7,7	1

a nur Bestände, die eine Quarantäne durchführen

4.2.4 Impfkonzeppte

Impfungen der Saugferkel

In 45,6 % (57/125) der Bestände wurden die Ferkel mittels *one-shot* Vakzine und in 30,4 % (38/125) der Bestände mittels *two-shot* Vakzine gegen *M. hyopneumoniae* geimpft. Gegen PRRSV wurden Saugferkel in 24,8 % (31/125) der Bestände geimpft. Eine Impfung der Ferkel gegen PCV-2 wurde in 64,8 % (81/125) der Bestände durchgeführt (Tabelle 7).

Impfungen der Altsauen

Die Altsauen wurden in 84,0 % (105/125) der Bestände mit einem Lebendimpfstoff gegen PRRSV geimpft. In 1,6 % (2/125) der Bestände erfolgte die Impfung der Sauen mit einem Inaktivimpfstoff und in 14,4 % (18/125) der Bestände wurde keine Impfung der Sauen gegen PRRSV durchgeführt. In 25,2 % (23/107) der gegen PRRSV impfenden Bestände erfolgte die PRRSV-Impfung der Sauen reproduktionsorientiert. In den verbleibenden 74,8 % (80/107) fand eine bestandsweise Impfung der Sauen gegen PRRSV statt. Außerdem wurde in 52,0 % (65/125) der Sauenherden gegen Influenza, in 14,4 % (18/125) gegen PCV2, in

4,8 % (6/125) gegen APP und in 3,2 % (4/125) der Herden gegen *Rhinitis atrophicans* geimpft (Tabelle 7).

Impfung der Remonten

Die Jungsauen wurden in 29,6 % (37/125) der Bestände gegen *M. hyopneumoniae* geimpft. *One-shot* Vakzinen wurden nach Angabe der Landwirte in 70,3 % (26/37) der impfenden Bestände angewendet, die übrigen 29,7 % (11/37) gaben an, eine *two-shot* Vakzine einzusetzen (Tabelle 7). Gegen PRRSV wurden die Jungsauen in 88,8 % (111/125) der Bestände mit einem Lebendimpfstoff geimpft. In 1,6 % (2/125) der Bestände wurden die Jungsauen mit einem Inaktivatimpfstoff gegen PRRSV geimpft und in 9,6 % (12/125) fand keine Impfung der Jungsauen gegen PRRSV statt. Des Weiteren wurden die Jungsauen in 61,6 % (77/125) der Bestände gegen Influenza, in 36,8 % (46/125) gegen PCV2, in 13,6 % (17/125) gegen APP und in 3,2 % (4/125) der Bestände gegen *Rhinitis atrophicans* geimpft (Tabelle 7).

Eine Impfung der Jungeber gegen *M. hyopneumoniae* wurde in 14,4 % (18/125) der Bestände durchgeführt. Gegen PRRSV wurden Jungeber in 51,2 % (64/125) der Bestände, gegen Influenza in 33,6 % (42/125), gegen PCV2 in 17,6 % (22/125) und gegen APP in 11,2 % (14/125) der Bestände geimpft (Tabelle 7).

Tabelle 7: Impfungen

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
<i><u>Impfungen</u></i>			
Impfung der Ferkel gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	keine Impfung	24,0	30
	one-shot	45,6	57
	two-shot	30,4	38
Alter der Ferkel bei Impfung gegen <i>M.</i> <i>hyopneumoniae</i> ^a	jünger als 3 Wochen	37,9	36
	3 Wochen und älter	27,4	26
	zweimalige Impfung	34,7	33
Impfung der Ferkel gegen PRRSV	keine Impfung	75,2	94
	Impfung	24,8	31
Zeitpunkt der Impfung der Ferkel gegen PRRSV ^b	jünger als 3 Wochen	54,8	17
	3 Wochen und älter	45,2	14

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Anwendung von sonstigen Impfstoffen bei den Ferkeln	kein PCV2-Impfstoff	35,2	44
	PCV2-Impfstoff	64,8	81
Zeitpunkt der Anwendung sonstiger Impfstoffe ^c	jünger als 3 Wochen	20,0	17
	3 Wochen oder älter	80,0	68
Impfung der Sauen gegen PRRSV / Produkt	keine Impfung oder Inaktivat- Impfstoff	16,0	20
	Lebendimpfstoff	84,0	105
Impfung der Sauen gegen PRRSV / Zeitpunkt ^d	reproduktionsorientierte Impfung	25,2	27
	Bestandsimpfung	74,8	80
Impfung der Sauen bei reproduktionsorientierter PRRSV- Impfung / Rhythmus ^e	6/60 oder 5/50	44,4	12
	anderer Rhythmus	55,6	15

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Differenz zwischen letzter PRRSV- Bestandsimpfung und Probenentnahme in Tagen ^f	≤ 30 Tage	25,0	20
	> 30 und ≤ 90 Tage	52,5	42
	> 90 Tage	22,5	18
Impfung der Sauen gegen PCV2	nein	85,6	107
	ja	14,4	18
Impfung der Sauen gegen Rhinitis atrophicans	nein	96,8	121
	ja	3,2	4
Impfung der Sauen gegen Influenza	nein	48,0	60
	ja	52,0	65
Impfung der Sauen gegen APP	nein	95,2	119
	ja	4,8	6

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Impfung der Jungsauen gegen <i>M. hyopneumoniae</i> /			
Produkt	keine Impfung	70,4	88
	one-shot	20,8	26
	two-shot	8,8	11
Impfung der Jungsauen gegen <i>M. hyopneumoniae</i> /			
Häufigkeit ⁹	einmal	61,8	23
	zweimal	38,2	14
1. Impfung der Jungsauen gegen <i>M. hyopneumoniae</i> /			
Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand) ⁹			
	1. Woche	70,3	26
	2. Woche	18,9	7
	3. Woche	5,4	2
	4. Woche	5,4	2

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
2. Impfung der Jungsauen gegen <i>M. hyopneumoniae</i> / Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand) ^g	3. Woche	5,4	2
	4. Woche	21,6	8
	5. Woche	2,7	1
	6. Woche	5,4	2
	7. Woche	2,7	1
	keine 2. Impfung	61,8	23
Impfung der Jungsauen gegen PRRSV / Produkt	keine Impfung oder Inaktivimpfstoff	11,2	14
	Lebendimpfstoff	88,8	111
1. Impfung der Jungsauen gegen PRRSV / Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand)	1. Woche	79,2	99
	2. Woche	9,6	12
	12. Woche	0,8	1
	30. Woche	0,8	1
	keine Impfung	9,6	12

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
2. Impfung der Jungsauen gegen PRRSV / Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand)	3. Woche	6,4	8
	4. Woche	36,8	46
	5. Woche	9,6	12
	6. Woche	3,2	4
	7. Woche	4	5
	24. Woche	0,8	1
	34. Woche	0,8	1
	keine/keine 2. Impfung	38,4	48
Impfung der Jungsauen gegen PRRSV / Häufigkeit ^h	einmal	31,9	36
	zweimal	68,1	77
Impfung der Jungsauen gegen PCV2	nein	63,2	79
	ja	36,8	46

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Impfung der Jungsauen gegen <i>Rhinitis</i> <i>atrophicans</i>	nein	96,8	121
	ja	3,2	4
Impfung der Jungsauen gegen Influenza	nein	38,4	48
	ja	61,6	77
Impfung der Jungsauen gegen APP	nein	86,4	108
	ja	13,6	17
Impfung der Jungeber gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	keine Impfung	85,6	107
	einmalige Impfung	8,8	11
	zweimalige Impfung	5,6	7

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
1. Impfung der Jungeber gegen <i>M. hyopneumoniae</i> / Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand) ⁱ	1. Woche	77,7	14
	2. Woche	16,7	3
	4. Woche	5,6	1
2. Impfung der Jungeber gegen <i>M. hyopneumoniae</i> / Zeitpunkt (nach Ankunft im Bestand) ⁱ	3. Woche	5,6	1
	4. Woche	22,2	4
	5. Woche	5,6	1
	6. Woche	5,6	1
	keine Wiederholungsimpfung	61,0	11
Impfung der Jungeber gegen PRRSV	keine Impfung	48,8	60
	Impfung	51,2	65
Impfung der Jungeber gegen PCV2	keine Impfung	82,4	103
	Impfung	17,6	22

Fortsetzung Tabelle 7

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Impfung der Jungeber gegen Rhinitis atrophicans	keine Impfung	96,0	120
	Impfung	4,0	5
Impfung der Jungeber gegen Influenza	keine Impfung	66,4	83
	Impfung	33,6	42
Impfung der Jungeber gegen APP	keine Impfung	88,8	111
	Impfung	11,2	14

- a nur Bestände, in denen die Ferkel gegen *M. hyopneumoniae* geimpft werden
- b nur Bestände, in denen die Ferkel gegen PRRSV geimpft werden
- c nur Bestände, die bei den Ferkeln sonstige Impfstoffe anwenden
- d nur Bestände, in denen die Sauen gegen PRRSV geimpft werden
- e nur Bestände, in denen die Sauen reproduktionsorientiert gegen PRRSV geimpft werden
- f nur Bestände, in denen die Sauen bestandsweise gegen PRRSV geimpft werden
- g nur Bestände, in denen die Jungsauen gegen *M. hyopneumoniae* geimpft werden
- h nur Bestände, in denen die Jungsauen gegen PRRSV geimpft werden
- i nur Bestände, in denen die Jungeber gegen *M. hyopneumoniae* geimpft werden
- ≤ kleiner als/gleich
- > größer als

4.2.5 Behandlungen

Behandlungen der Saugferkel

Eine regelmäßige metaphylaktische antibiotische Behandlung der Saugferkel fand in 85,6 % (107/125) der Bestände statt. Eine Behandlung der Ferkel in der ersten Lebenswoche wurde in 63,2 % (79/125) der Bestände einmal und in 18,4 % (23/125) der Bestände zweimal durchgeführt. Ein gegen *M. hyopneumoniae* wirksames Antibiotikum wurde dabei in 18,4 % (23/125) der Bestände eingesetzt. In der zweiten Lebenswoche führten 13,6 % (17/125) der Bestände eine antibiotische Behandlung durch, wobei in 5,6 % (7/125) der Bestände ein gegen *M. hyopneumoniae* wirksames Antibiotikum angewendet wurde (Tabelle 8).

Behandlung Absetzferkel

Zum Zeitpunkt der Einstallung in das Flatdeck wurden die Absetzferkel in 33,6 % (42/125) der Bestände regelmäßig metaphylaktisch mit einem gegen *M. hyopneumoniae* wirksamen Antibiotikum behandelt (Tabelle 8).

Behandlung Mastschweine

Während der Mast fand in 11,8 % (11/125) der Bestände eine regelmäßige metaphylaktische antibiotische Behandlung statt (Tabelle 8).

Behandlungen der Jungsauen

Eine regelmäßige metaphylaktische antibiotische Behandlung der Jungsauen wurde in 16,8 % (21/125) der Bestände durchgeführt. In 1,6 % (2/125) der Bestände wurden auch die Jungeber regelmäßig antibiotisch versorgt (Tabelle 8).

Behandlungen der Altsauen

Die Altsauen wurden in 2,4 % (3/125) der Bestände *ante partum* und in 6,4 % (8/125) der Bestände *post partum* regelmäßig metaphylaktisch mit einem antibiotisch wirksamen Präparat behandelt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Regelmäßige Behandlungen

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Alter der Ferkel bei			
der			
1.Eiseninjektion	≤ 3 Tage	79,2	99
	> 3 Tage	20,8	26
2.Eiseninjektion			
der Ferkel	nein	60,8	76
	ja	39,2	49
regelmäßige antibiotische Behandlungen der			
Saugferkel	nein	14,4	18
	ja	85,6	107
Anzahl der regelmäßigen antibiotischen Behandlungen der			
Ferkel in der ersten			
Lebenswoche	keine Behandlung	18,4	23
	eine Behandlung	63,2	79
	zwei Behandlungen	18,4	23

Fortsetzung Tabelle 8

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Wirkstoff der regelmäßigen antibiotischen Behandlungen der Ferkel während der ersten Lebenswoche	keine Behandlung	18,4	23
	wirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	18,4	23
	unwirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	63,2	79
Anzahl der regelmäßigen antibiotischen Behandlungen der Ferkel in der zweiten Lebenswoche	keine Behandlung	86,4	108
	eine Behandlung	13,6	17

Fortsetzung Tabelle 8

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
Wirkstoff der regelmäßigen antibiotischen Behandlungen der Ferkel während der zweiten Lebenswoche	keine Behandlung	86,4	108
	wirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	5,6	7
	unwirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	8,0	10
Wirkstoff der regelmäßigen antibiotischen Behandlung bei Einstellung ins Flatdeck	keine Behandlung	27,2	34
	wirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	33,6	42
	unwirksam gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	39,2	49
regelmäßige antibiotische Behandlungen in der Mast ^a	keine Behandlung	88,2	82
	Behandlung	11,8	11

Fortsetzung Tabelle 8

Variable	Kategorie	<u>Anteil</u> der Herden je Kategorie (%)	<u>Anzahl</u> der Herden je Kategorie (n)
regelmäßige antibiotische Behandlungen der Jungsauen	nein	83,2	104
	ja	16,8	21
regelmäßige antibiotische Behandlungen der Jungeber	nein	98,4	123
	ja	1,6	2
regelmäßige antibiotische Behandlungen der Sauen ante partum	nein	97,6	122
	ja	2,4	3
regelmäßige antibiotische Behandlungen der Sauen post partum	nein	93,6	117
	ja	6,4	8

a nur Bestände mit Mast

4.3 Statistische Auswertung

4.3.1 Univariable logistische Regression

Alle kategorischen Variablen wurden mittels univariabler logistischer Regression auf eine mögliche Assoziation mit der Ausprägung der Zielvariablen „*M. hyopneumoniae* Nachweis bei mindestens einem Saugferkel“ überprüft (siehe Anhang 2).

Die Verteilungen der Ausprägung stetiger Variablen wurden vor der logistischen Regression zunächst auf ihre Linearität geprüft (siehe Anhang 3). War diese nicht gegeben, wurden aus veterinärmedizinischer Sicht sinnvolle Klassen gebildet und folgend für die logistische Regression verwendet (siehe Anhang 4).

4.3.2 Multivariable logistische Regression

Für eine abschließende statistische Auswertung der Beziehung zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen aus einzelnen inhaltlich zusammenhängenden Bereichen und der Zielvariablen „*M. hyopneumoniae* Nachweis bei mindestens einem Saugferkel“ wurden multivariable logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Dazu wurden zunächst Variablen anhand ihrer biologischen Relevanz für und ihrer eigenen Assoziation ($p < 0,2$) mit der Zielvariablen selektiert. Zeigten zwei solcher Variablen eine Korrelation untereinander - Spearman-Koeffizienten $> 0,7$ - wurde eine der Variablen aus dem Model ausgeschlossen (siehe Anhang 5). Außerdem wurde bei den kategorischen Variablen überprüft, ob einzelne Klassen schlecht besetzt sind. War dies der Fall, wurden benachbarte Klassen weiter zusammengefasst, um eine mangelhafte Konvergenz der Modelle und sehr große Konfidenzintervalle auszuschließen.

Insgesamt wurden acht Modelle verwendet, um die Assoziation zwischen verschiedenen Faktoren und der Zielvariablen zu überprüfen (Tabellen 9 – 16).

4.3.2.1 Allgemeine Herden- und Managementparameter

Die Untersuchung der allgemeinen Herden- und Managementparameter zeigte, dass das Risiko für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln in Beständen die nicht im 1- oder 3-Wochen-Rhythmus produzieren, signifikant (OR 2,67) erhöht ist (Tabelle 9).

Weder für die Gesamtzahl der Sauen im Bestand resp. die Herdengröße noch für den Produktionstyp ließ sich ein signifikanter Einfluss nachweisen (Tabelle 9).

Tabelle 9: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung verschiedener allgemeiner Herden- und Managementparameter auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* beim Saugferkel

allgemeine Herden- und Managementparameter				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
reine Ferkelerzeuger	ja	0,90	0,39-2,1	0,81
	nein	1,00		
Herden mit 250 - < 500 Sauen	ja	1,88	0,81-4,33	0,14
	nein	1,00		
Herden mit \geq 500 Sauen	ja	1,61	0,40-6,59	0,50
	nein	1,00		
andere Abferkelrhythmen als 1- oder 3-Wochen- Rhythmus	ja	2,67	1,24-5,73	0,01
	nein	1,00		

4.3.2.2 Hygienemaßnahmen

Es ließ sich kein signifikanter Einfluss verschiedener Hygienemaßnahmen auf das Vorkommen resp. den Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkel feststellen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Multivariables Regressionsmodell zu Untersuchung des Einflusses verschiedener Hygienemaßnahmen auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* beim Saugferkel

Hygienemaßnahmen				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
andere Abferkelrhythmen als 1- oder 3-Wochen-Rhythmus	ja	2,01	0,87-4,67	0,10
	nein	1,00		
keine Belegung der Abferkelabteile im konsequenten Rein-Raus-Verfahren	ja	1,94	0,87-4,34	0,11
	nein	1,00		
Leerstehzeit der Abferkelabteile ≥ 1 Tag und ≤ 3 Tage	ja	0,76	0,28-2,04	0,59
	nein	1,00		
Leerstehzeit der Abferkelabteile > 3 Tage	ja	0,46	0,14-1,47	0,19
	nein	1,00		

4.3.2.3 Haltung der Saugferkel

Anhand der Untersuchung von Parametern zur Haltung der Saugferkel konnte gezeigt werden, dass eine signifikante Erhöhung des Risikos (OR: 3,31) für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln bestand, wenn in den Beständen die maximale Anzahl der Abferkelplätze pro Abteil 16 und mehr betrug (Tabelle 11).

Tabelle 11: Multivariables Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Haltung der Saugferkel auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Haltung der Saugferkel				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
maximale Anzahl Abferkelplätze pro Abteil: 8-16	ja	1,81	0,74-4,42	0,19
	nein	1,00		
maximale Anzahl Abferkelplätze pro Abteil: ≥ 16	ja	3,31	1,69-9,37	0,02
	nein	1,00		
Zuluft im Abferkelabteil nicht ausschließlich Ganglüftung	ja	1,57	0,68-3,63	0,59
	nein	1,00		
Abluft im Abferkelabteil nicht ausschließlich Ganglüftung	ja	1,79	0,65-4,94	0,26
	nein	1,00		

4.3.2.4 *Routinemäßige Behandlungen der Saugferkel*

Außerdem wurde der Einfluss metaphylaktischer Behandlungen und Impfungen der Saugferkel auf die Nachweishäufigkeit untersucht. Es konnten signifikant höhere Risiken für Bestände dargestellt werden, die eine Impfung der Saugferkel gegen *M. hyopneumoniae* mittels *one-shot* Vakzine (OR: 5,50), mittels *two-shot* Vakzine (OR: 4,69) oder gegen PRRSV (OR: 4,39) etabliert hatten (Tabelle 12).

Tabelle 12: Multivariables Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Behandlungen der Saugferkel auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Behandlungen der Saugferkel				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
Alter der Ferkel beim Einziehen der Ohrmarken: > 3 und < 7 Tage	ja	2,50	0,56-11,27	0,23
	nein	1,00		
Alter der Ferkel beim Einziehen der Ohrmarken: ≥ 7 Tage	ja	3,74	0,68-16,23	0,08
	nein	1,00		
Impfung der Ferkel gegen <i>M. hyopneumoniae</i> mittels one-shot-Vakzine	ja	5,50	1,62-18,65	0,01
	nein	1,00		
Impfung der Ferkel gegen <i>M. hyopneumoniae</i> mittels two-shot-Vakzine	ja	4,69	1,31-16,80	0,02
	nein	1,00		
Impfung der Ferkel gegen PRRSV	ja	4,39	1,66-11,61	<0,01
	nein	1,00		

Zusätzlich wurde untersucht, ob ein Unterschied hinsichtlich des Nachweisrisikos von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln zwischen Betrieben in Abhängigkeit von der Art des bei den Ferkeln eingesetzten Impfstoffs gegen *M. hyopneumoniae* (one- vs. two-shot-Vakzine) besteht (Tabelle 13).

Tabelle 13: Univariate Betrachtung zur Untersuchung des Einflusses von der Art des bei den Ferkeln eingesetzten Impfstoffes gegen *M. hyopneumoniae* (one- vs. two-shot-Vakzine) auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Impfung der Saugferkel gegen <i>M. hyopneumoniae</i>				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
Impfung der Ferkel gegen <i>M. hyopneumoniae</i> mittels two-shot-Vakzine	ja	0,96	0,42-2,20	0,92
	nein	1,00		

4.3.2.5 Haltung der Aufzuchtferkel

Die Haltung von Absetzferkeln hat keinen signifikanten Einfluss auf einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln (Tabelle 14).

Tabelle 14: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Haltung von Aufzuchtferkeln auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Haltung der Aufzuchtferkel				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
minimale Anzahl der Flatdeckplätze pro Abteil ≥ 70	ja	1,70	0,63-4,57	0,29
	nein	1,00		
maximale Anzahl der Flatdeckplätze pro Abteil ≥ 120	ja	1,55	0,62-3,83	0,35
	nein	1,00		
Anzahl Flatdeckplätze gesamt ≥ 900	ja	1,74	0,76-3,98	0,19
	nein	1,00		

4.3.2.6 Eingliederungsmanagement

Ein signifikant höheres Risiko (OR: 5,80) für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln hatten Bestände, die pro Jahr 120 und mehr Jungsauen zukaufen (Tabelle 15).

Tabelle 15: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Managementfaktoren bei der Jungsaueneingliederung auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Eingliederungsmanagement				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
4 - 7 Jungsauenzukäufe pro Jahr	ja	1,40	0,49-3,99	0,53
	nein	1,00		
≥ 8 Jungsauenzukäufe pro Jahr	ja	4,28	0,75-24,45	0,10
	nein	1,00		
Gesamtzahl zugekaufter Jungsauen pro Jahr 80 -119	ja	1,09	0,38-3,14	0,88
	nein	1,00		
Gesamtzahl zugekaufter Jungsauen pro Jahr ≥ 120	ja	5,80	1,68-20,03	0,01
	nein	1,00		
Alter der Jungsauen beim Zukauf	ja	1,00	0,99	1,01
	nein	1,00		

4.3.2.7 Behandlungen der Remonten

Die Untersuchung des Einflusses metaphylaktischer Behandlungen resp. Impfungen der Remonten in Model VII ergab, dass eine signifikante Erhöhung des Risikos (OR: 3,55) für den Nachweis von *M. hyopneumoniae* besteht, wenn die Jungsaugen in der Eingliederungsphase gegen PCV2 geimpft wurden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Multivariables Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Behandlungen von Remonten auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln

Behandlungen der Remonten				
Variable	Level	Odds Ratio	Kontingenzintervall	p-Wert
Impfung der Jungsaugen gegen PCV2	ja	3,55	1,31-9,63	0,01
	nein	1,00		
Impfung der Jungeber gegen <i>M. hyopneumoniae</i>	ja	1,71	0,48-6,13	0,41
	nein	1,00		
Impfung der Jungeber gegen PCV2	ja	2,38	0,62-9,06	0,20
	nein	1,00		

5 Diskussion

M. hyopneumoniae ist der ätiologische Erreger der Enzootischen Pneumonie bei Schweinen (THACKER 2006). Das Bakterium gehört außerdem zu den primär relevanten Pathogenen, die bei 16 bis 20 Wochen alten Schweinen den *porcine respiratory disease complex* (PRDC) bewirken können (THACKER et al. 1999; KOBISCH 2000). Die Wahrscheinlichkeit eines Ausbruchs und die Ausprägung der Enzootischen Pneumonie nach einer Infektion mit *M. hyopneumoniae* wird, neben der Virulenz des Erregerstammes (VICCA et al. 2003), erheblich durch Management- und Umweltfaktoren beeinflusst (MAES et al. 2000), sodass die Enzootische Pneumonie grundsätzlich als „Faktorenkrankheit“ anzusehen ist.

In Gebieten mit intensiver Schweinehaltung ist *M. hyopneumoniae* weit verbreitet (THACKER et al. 1999; KOBISCH 2000). Es wird davon ausgegangen, dass etwa 95 % aller Schweineherden in Deutschland infiziert sind (persönl. Mitteilung grosse Beilage). Der Erreger wird hauptsächlich durch direkten Kontakt zwischen infizierten und nicht-infizierten Schweinen übertragen (MAES et al. 2008). *M. hyopneumoniae* kann vertikal durch häufigen Nase-zu-Nase-Kontakt von einer Sau auf ihre Ferkel übertragen werden (THACKER 2006). Die Übertragung von der Sau auf ihre Ferkel ist zwar eher selten, kann aber als Anfangspunkt der Infektionskette große Bedeutung für die Ausbreitung von *M. hyopneumoniae* bei den Absetzferkeln und später unter den Mastschweinen haben (SIBILA et al. 2007a). Der weitaus häufigere Infektionsweg ist aber wohl die horizontale Route durch Kontakt zwischen infizierten und nicht-infizierten Absetzferkeln oder Mastschweinen (SIBILA et al. 2007a; MAES et al. 2008).

Die vorliegende Untersuchung wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Nachweishäufigkeit resp. Prävalenz von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln kurz vor dem Zeitpunkt des Absetzens zu bestimmen. Die Schweinebestände für diese

Studie, die ausnahmslos den Beratungsringen bzw. Ringgemeinschaften Cloppenburg, Vechta, Friesoythe, Osnabrück und Aschendorf angehörten, lagen im Nordwesten Deutschlands und damit in dem Gebiet mit der intensivsten Schweinehaltung im gesamten Bundesgebiet (ANONYM 2010). Neben der Feststellung des Infektionsstatus bei Saugferkeln wurden außerdem mögliche Assoziationen eines positiven Erregernachweises mit ausgewählten Risikofaktoren in den betreffenden Herden überprüft.

Für diese Untersuchung wurden bei Saugferkeln kurz vor dem Absetzen Nasentupfer entnommen und anschließend mittels multiplex-*realtime*-PCR auf den Gehalt spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* getestet. Außerdem wurden zur Identifikation möglicher Risikofaktoren verschiedene Herdenparameter, wie bspw. Herdengröße, Management und Haltung, während eines persönlichen Interviews mit dem Tierhalter erfragt, durch eigene Untersuchung im Bestand ergänzt und auf einem standardisierten Fragebogen erfasst. Es besteht ein erhebliches Interesse an einem besseren Verständnis von Risikofaktoren für die Übertragung von *M. hyopneumoniae* auf Saugferkel: eine Impfung gegen *M. hyopneumoniae* kann die Infektion bei Schweinen nicht verhindern (THACKER et al. 1998), sondern lediglich die Ausprägung einer späteren Erkrankung vermindern. Es wird angenommen, dass Maßnahmen resp. Verbesserungen im Bestand, die das Risiko einer vertikalen Übertragung vermindern, dazu geeignet sind, die später folgende Erregerausbreitung im Bestand zu minimieren (FANO et al. 2007; SIBILLA et al. 2007a). Daher sollte ein Ziel sein, die Infektionskette schon am Anfang zu unterbrechen, damit weniger infizierte Ferkel in der Aufzucht resp. Mast als Infektionsquelle für andere Schweine vorhanden sind (SIBILLA et al. 2007a).

Insgesamt wurden Nasentupfer von 2500 Saugferkel auf *M. hyopneumoniae* untersucht. Die Ferkel stammten aus 125 Herden, deren Charakteristika mit Hilfe des Fragebogens erfasst und anschließend epidemiologisch bewertet werden konnten. Da, neben regionalen Unterschieden hinsichtlich des Infektionsstatus, auch saisonale Einflüsse auf die Infektion mit *M. hyopneumoniae* beschrieben sind, wurde

die Untersuchung über ein gesamtes Jahr hinweg durchgeführt. In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Seropositivität von Sauen durch nass-kaltes Wetter beeinflusst wird und daher im März und April höher ist als in anderen Monaten (MAES et al. 2000). Auch andere Autoren diskutieren einen Einfluss des Klimas (GOODWIN 1985; STÄRK et al. 1998).

5.1 Nachweis von *M. hyopneumoniae* mittels PCR

Nachweis bei Saugferkeln

Die Infektion mit *M. hyopneumoniae* und die damit assoziierten Erkrankungen sind grundsätzlich in jedem Alter möglich (PFIFFER und ROSS 1984; KOBISCH et al. 1993; THACKER 2006), die Häufigkeit einer Infektion bei Saug- und Absetzferkeln wird jedoch sehr kontrovers diskutiert. In verschiedenen Studien (Tabelle 17) wurde der Erreger mittels *nested*-PCR an Nasentupfern von Saug- und Absetzferkeln nachgewiesen, jedoch ist die Varianz der Nachweishäufigkeiten vergleichend betrachtet als erheblich einzustufen. Eine weitere Einschränkung bisher durchgeführter Studien ist die fehlende Kombination aus großer Stichprobenzahl (Anzahl Herden und Anzahl Tiere in diesen Herden) sowie die Einbeziehung möglicher Risikofaktoren in die Auswertung der Ergebnisse.

Tabelle 17: Nachweis (n-PCR) von *M. hyopneumoniae* aus Nasentupfern von Saug- und Absetzferkeln

Autor	Herden (n)	Tiere (n)	Tieralter; Nachweis von <i>M. hyopneumoniae</i>
SIBILA et al. (2007a)	1	507	1. LW: 1,5 % 3. LW: 3,8%
SIBILA et al. (2007b)	1	(542) 501	(1. LW: 1,5%) 3.LW: 3,8%
FANO et al. (2006)	1	429	3. LW: 25%
CALSAMIGLIA u. PIJOAN (2000)	1	125 (130)	3. LW: 9,6 (7,7) %
RUIZ et al. (2003)	1	152 (144)	3.LW: 2,6/13,2 % (3.LW: 1,4/5,5 %)
VILLARREAL et al. (2010)	1	72	3.LW: 0 % 9.LW: 31/58 %

In den oben genannten Studien wurden die Untersuchungen ausschließlich in jeweils einer Herde durchgeführt, die sich zudem durch bereits bekannte Krankheitsprobleme mit *M. hyopneumoniae* auszeichneten. Umso erstaunlicher ist, dass die Nachweishäufigkeiten für *M. hyopneumoniae* überwiegend weniger als 10 % betragen; nur in einer Studie (FANO et al. 2006) konnte bei bis zu drei Wochen alten Ferkeln deutlich häufiger *M. hyopneumoniae* nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu diesen Arbeiten an einzelnen Herden wurden in der vorliegenden Studie 125 Bestände unabhängig ihrer Historie bzgl. *M. hyopneumoniae* untersucht. Durch die Selektion der Bestände - in diesem Fall Mitglieder eines Beratungsrings resp. einer Ringgemeinschaft der Region - wurde das Ziel verfolgt, möglichst viele Herden aus einem bestimmten Gebiet in die Untersuchung einzubeziehen, ohne jedoch bei der Auswahl einen *selection bias*, wie bspw. bereits diagnostizierte oder klinisch apparente Atemwegserkrankungen bei Saug- und/oder Absetzferkeln,

einzuführen. Der *selection bias* ist eine systematische Verzerrung der Richtigkeit. Sein Vorkommen in einer Studie beschränkt die Verallgemeinerbarkeit bzw. die Validität der Untersuchung (STANG 2008).

Ein weiterer Unterschied der vorliegenden Arbeit zu bisherigen Studien ist die Verwendung einer *realtime*-PCR zum Nachweis spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* anstelle der nested-PCR. Es konnte gezeigt werden, dass die analytische und diagnostische Sensitivität dieser Methode im Vergleich zur *nested*-PCR deutlich höher ist (DUBOSSON et al. 2004). Trotzdem wurde bei nur 3,9 % der Ferkel (98/2500) *M. hyopneumoniae* nachgewiesen. Der Anteil der Herden, in denen der Erreger bei mindestens einem Saugferkel nachgewiesen werden konnte, betrug 36,8 % (46/125). Dieses Ergebnis zeigt, dass die Übertragung von *M. hyopneumoniae* durch Sauen auf ihre Ferkel zwar in mehr als einem Drittel aller Bestände stattfindet, der Erreger aber in der Regel nur bei sehr wenigen Tieren nachzuweisen ist. In der Mehrzahl aller Fälle wurde *M. hyopneumoniae* nur bei einem oder zwei Ferkeln je Bestand detektiert. Diese niedrige Nachweishäufigkeit, die an einer recht großen Studienpopulation erzielt wurde, steht nicht im Widerspruch zu einer Hypothese, nach der die vertikale Übertragung von *M. hyopneumoniae* von Sauen auf ihre Ferkel während der Säugezeit nur bei wenigen Ferkeln stattfindet, diese dann jedoch den Ausgangspunkt weiterer Infektionen in der späteren Aufzucht darstellen (SIBILA et al. 2007a).

Nachweis bei Tierhaltern

Insgesamt 108 Landwirte nahmen an der optionalen und ebenfalls freiwilligen Untersuchung ihrer eigenen Nasenschleimhautabstriche teil. *M. hyopneumoniae* konnte bei 14,8 % der Tierhalter (16/108) nachgewiesen werden. In elf der positiven Fälle wurde *M. hyopneumoniae* auch in mindestens einem Nasentupfer von Saugferkeln aus dem Bestand des gleichen Tierhalters nachgewiesen. Im Gegensatz dazu konnte bei den übrigen fünf Fällen der Erreger zwar auf der Nasenschleimhaut des Landwirtes, nicht aber in Nasentupfer der Ferkel detektiert werden.

M. hyopneumoniae gilt als streng wirtsspezifisch und es liegen bis dato keine Hinweise vor, dass *M. hyopneumoniae* eine Bedeutung als Zoonoseerreger hat.

Trotzdem sollten die hier beschriebenen Ergebnisse Beachtung finden, weil (a) damit zum ersten Mal der Nachweis spezifischer Genomfragmente in einem Untersuchungsmaterial vom Menschen beschrieben wird, und (b) der positive Nachweis erregerspezifischer DNA beim Tierhalter u.U. ebenfalls mit Risikofaktoren assoziiert sein oder selbst einen Risikofaktor für den Bestand darstellen kann. Beides bedarf jedoch weiterer Untersuchungen.

5.2 Risikofaktorenanalyse

Anhand der statistischen Analyse, bei der die Ergebnisse der Laboruntersuchungen mit den epidemiologischen Daten verknüpft wurden, konnte geprüft werden, welche Haltungsbedingungen und Managementmaßnahmen als Risiko für die Übertragung von *M. hyopneumoniae* von der Sau auf die Ferkel eine besondere Bedeutung haben.

Das Risiko für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln stellte sich als signifikant erhöht für solche Bestände dar, die

- nicht im 1- oder 3-Wochen-Rhythmus produzieren (OR 2,67)
- mehr als 16 Abferkelplätze pro Abteil besitzen (OR 3,31)
- 120 und mehr Jungsauen pro Jahr zukaufen (OR 5,8)
- ihre Ferkel mit einer one-shot Vakzine (OR 5,5) oder einer two-shot Vakzine (OR 4,69) gegen *M. hyopneumoniae* impfen
- ihre Ferkel gegen PRRSV impfen (OR 4,39)
- ihre Jungsauen gegen PCV2 impfen (OR 3,55)

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss zunächst bedacht werden, dass bei einer Untersuchung an 125 Beständen ausschließlich die Risikofaktoren bestätigt werden können, die einen starken Einfluss haben. Für die Bestätigung von Risikofaktoren, die nur einen geringen Einfluss nehmen, hätten deutlich mehr Herden untersucht werden müssen. Des Weiteren konnten nur Risikofaktoren erkannt werden, die in den untersuchten Beständen mit unterschiedlicher Häufigkeit vorkommen. So gaben beispielsweise bis auf einen, alle befragten Tierhalter an, eine

konsequente Reinigung der Abferkelabteile zwischen den Belegungen mit Tieren durchzuführen. Dieser Risikofaktor kann nicht weiter untersucht werden, da die Gruppe derer, die keine konsequente Reinigung durchführen, zu schwach besetzt ist. Dies bedeutet aber nicht, dass eine fehlende Reinigung kein Risiko darstellt, sondern lediglich dass dieses Risiko anhand der vorliegenden Studie nicht geklärt werden kann. Die Tatsache, dass sich für viele Punkte des umfangreichen Fragebogens keine Signifikanzen ergaben, heißt also nicht automatisch, dass die betreffenden Faktoren keinen Einfluss auf das Risiko einer Infektion der Ferkel haben. Umgekehrt ist jedoch der Einfluss der oben genannten Faktoren sehr sicher.

Produktionsrhythmus

Die Problematik des 2- bzw. 4-wöchigen Abferkelrhythmus besteht neben verschiedenen Vorteilen vor allem darin, dass Sauen, die nach 21 Tagen umrauschen, nicht in eine der regulären Abferkelgruppen passen. Betriebe, die keine separaten Abteile für Zwischenabferkelungen besitzen, müssen diese Sauen zwangsläufig einer anderen Gruppe zuordnen. Dies hat zur Folge, dass die Ferkel im betreffenden Abteil deutlich jünger und somit auch empfindlicher als die der anderen Sauen sind. Am Ende der regulären Säugezeit müssen die „nachgeschobenen“ Sauen dann im Abteil bleiben oder in die nächste Gruppe umgestallt werden. Beide Maßnahmen verhindern die Durchführung eines konsequenten Rein-Raus-Verfahrens. Dieses Verfahren ist jedoch bedeutsam bei der Minimierung der horizontalen Übertragung des Erregers (CALSAMIGLIA et al. 1998). Die Empfehlung muss daher lauten, bei Produktion im 2- oder 4- Wochenrhythmus separate Abferkelabteile für Sauen vorzuhalten, die nach dem Umrauschen nicht mehr in eine reguläre Gruppe passen.

Abferkelabteile

Abferkelabteile mit mehr als 16 Abferkelplätzen sind als Risikofaktor anzusehen, da in diesen Abteilen über den gemeinsamen Luftraum mehr Tiere einen indirekten Kontakt zueinander haben als in kleineren Abteilen. In Herden, die akute Krankheitssymptome zeigten, wurde aus 80 % der untersuchten Luftfilter

M. hyopneumoniae über eine *nested*-PCR aus nachgewiesen (STÄRK et al. 1998). So kann z.B. eine Jungsau, die den Erreger noch vermehrt ausscheidet (CALSAMIGLIA und PIJOAN 2000), diesen in einem großen Abteil auf mehr Tiere übertragen als in einem kleineren. Unter diesen Bedingungen können insbesondere zwei Faktoren zu einem erhöhten Risiko für eine *M. hyopneumoniae* Infektion bei den Saugferkeln führen:

- Defizite bei der Eingliederung von Jungsauen, die sich erst im Deckzentrum oder Wartestall infizieren und den Erreger durch die lange Ausscheidungsdauer auf ihre Ferkel übertragen;
- Unterbrechung des Rein-Raus-Verfahrens durch Umrauscher wie oben beschrieben.

Die Durchführung eines strikten Rein-Raus-Verfahrens ist möglicherweise der wichtigste Faktor bei der Kontrolle der Enzootischen Pneumonie, da so das Zirkulieren des Erregers zwischen den verschiedenen Altersgruppen unterbrochen werden kann (CLARK et al. 1991). Außerdem führt das Neugruppieren von Schweinen zu Stress für die Tiere und erhöht damit die Wahrscheinlichkeit für eine Übertragung des Erregers (MAES et al. 2008).

Jungsauenmanagement

Hinsichtlich der Eingliederung von Jungsauen muss bedacht werden, dass *M. hyopneumoniae* nur über den Atmungsstrakt ausgeschieden wird (STEVENSON 1998). Für eine Übertragung des Erregers während der Eingliederung muss folglich ein mehrtägiger direkter Nase-zu-Nase-Kontakt zu Schlachtsauen oder besser noch zu Läuferschweinen hergestellt werden (HEUSER 1999). Eine Übertragung durch Kot oder „*Kontaktsuppe*“ ist in diesem Fall nicht möglich (BATISTA et al. 2004). Die Infektion der Jungsauen während der Eingliederung soll eine Reaktion des Immunsystems induzieren, die das Risiko einer Erregerübertragung während der ersten Säugezeit reduziert (HEUSER 1999).

Ein erhöhtes Risiko für den Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln in Beständen, in denen 120 und mehr Jungsauen pro Jahr zugekauft werden, lässt sich

natürlich in der Praxis nicht mittels reduzierter Remontierung lösen. Die erhöhte Chance der vertikalen Erregerübertragung für Würfe von Jungsauen wurde bereits beschrieben (MAES et al. 1996; FANO et al. 2006), weshalb dieser Risikofaktor ebenfalls zum Anlass genommen werden sollte, über eine Optimierung der Eingliederung oder den Zukauf *M. hyopneumoniae*-freier Jungsauen bzw. die Eigenremontierung nachzudenken. Als die bedeutendste Infektionsquelle für einen *M. hyopneumoniae*-freien Bestand ist der Zukauf klinisch unauffälliger aber infizierter Tiere anzusehen (THOMSEN et al. 1992; MAES et al. 2000). Daher sollte der Gesundheitsstatus der Herkunftsbetriebe gleich oder besser als der Gesundheitsstatus des Empfängerbetriebes sein. Außerdem sollte eine Quarantäne von mindestens 30 Tagen erfolgen (AMASS und BAYSINGER 2006). Die Einstellung *M. hyopneumoniae*-freier Sauen wie auch die Eigenremontierung haben den Vorteil, dass der Eintrag neuer und möglicherweise virulenterer Stämme von *M. hyopneumoniae* sinkt. Schon in den 1980er Jahren konnten LLOYD u. ETHERIDGE (1981) zeigen, dass verschiedene Stämme von *M. hyopneumoniae* unterschiedliche Virulenzen besitzen. Bei der Eingliederung in eine infizierte Herde sollten eine möglichst frühe Infektion durch geeignete Kontakttiere sowie eine Impfung gegen *M. hyopneumoniae* erfolgen, damit die Jungsauen den Erreger während der Säugezeit nicht mehr ausscheiden. Die Impfung der Jungsauen wird für endemisch infizierte Herden empfohlen, um eine Destabilisierung der Immunität der Elterntierherde zu vermeiden (Bargen 2004). Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Jungsauen aus Herden zugekauft werden, die *M. hyopneumoniae*-frei sind (MAES et al. 2008). Für größere Herden wird sogar eine räumlich getrennte Haltung und Abferkelung von Jung- und Altsauen empfohlen. Weil sie vorher nicht den gleichen Immunstatus wie die Altsauen aufweisen, sollen die Jungsauen in Beständen, die die Möglichkeit dazu besitzen, erst nach dem Absetzen des ersten Wurfs in die Herde eingegliedert werden (MAES et al. 2008).

Impfung der Ferkel gegen M. hyopneumoniae und PRRSV

Auf den ersten Blick sehr irritierend wirkt die Feststellung, dass für Bestände, die ihre Ferkel mit einer *one-shot* Vakzine (OR 5,5) bzw. mit einer *two-shot* Vakzine (OR 4,7)

gegen *M. hyopneumoniae* impfen, sowie für Bestände, die ihre Ferkel gegen PRRSV impfen (OR 4,4), ein erhöhtes Risiko für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* beim Saugferkel besteht. Dieses erstaunliche Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass Bestände, die in der Vergangenheit Probleme mit Atemwegserkrankungen hatten, vermutlich häufiger gegen *M. hyopneumoniae* impfen, als diejenigen, die keine Probleme haben. Da die Impfung gegen *M. hyopneumoniae* eine Infektion mit dem Erreger nicht verhindert, sondern lediglich die klinischen Symptome reduziert (MAES et al. 1999; KOBISCH 2000), kann auch bei den geimpften Ferkeln *M. hyopneumoniae* nachgewiesen werden. Diese Vermutung lässt sich anhand des verwendeten Fragebogens leider nicht abschließend klären.

Impfung der Jungsauen gegen PCV2

Auch für Bestände, in denen die Jungsauen während der Eingliederung gegen PCV2 geimpft werden, ist die Chance für einen Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln erhöht (OR 3,6). Es ist bereits bekannt, dass eine Interaktion zwischen einer PCV2-Infektion und einer Infektion mit *M. hyopneumoniae* besteht. In einer früheren Studie konnte gezeigt werden, dass eine Doppelinfection von Schweinen, sowohl mit PCV2 als auch mit *M. hyopneumoniae*, in einer zunehmenden Schwere der klinischen Symptomatik und in einer zunehmenden Inzidenz des PMWS (*postweaning multisystemic wasting syndrome*) resultiert. Offensichtlich führt *M. hyopneumoniae* zu einer gesteigerten Replikation des PCV2 (OPRIESSNIG et al. 2004). Mit dem Wissen um die Ergebnisse dieser Studie, lässt sich auch das erhöhte Risiko eines *M. hyopneumoniae*-Nachweises beim Saugferkel in Beständen, die die Jungsauen während der Eingliederung gegen PCV2 impfen, erklären. Wenn die Tiere sich mit beiden Erregern infizieren und die bakterielle Infektion die Infektion mit PCV2 potenziert (OPRIESSNIG et al. 2004), resultiert dies in einer verschärften Ausprägung der klinischen Symptome der PCV2-Infektion eventuell sogar als PMWS. Gegen diese Erkrankung wird unter anderem mittels Impfung vorgegangen.

5.3 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen die adäquaten Schlussfolgerungen für die Praxis zu ziehen, gestaltet sich nicht ganz einfach. Es kann weder die Empfehlung ausgesprochen werden, den Abferkelrhythmus umzustellen, die Abteile zu verkleinern und den Zukauf von Jungsauen auf 120 Tiere pro Jahr zu beschränken, noch kann das Fazit lauten, dass die Impfung von Ferkeln gegen *M. hyopneumoniae* und PRRSV sowie die Impfung der Jungsauen gegen PCV2 einzustellen ist, um das Risiko der Saugferkelinfektion mit *M. hyopneumoniae* zu senken. Um diese Risikofaktoren und ihren Hintergrund richtig zu interpretieren, muss etwas mehr in die Tiefe geschaut werden.

Die mit der vorliegenden Arbeit erzielten Erkenntnisse können dazu beitragen, zukünftig die Bekämpfungsmaßnahmen gegen *M. hyopneumoniae*-Infektionen in Schweinebeständen weiter zu optimieren. Außerdem kann das Wissen um die in Nordwest-Deutschland besonders relevanten Risikofaktoren für vertikale Infektionen in den Fällen genutzt werden, in denen ein Ausstieg aus der Impfung gegen *M. hyopneumoniae* zur Diskussion steht. Auch Herden, in denen trotz Impfung Probleme mit *M. hyopneumoniae* anhaltend bestehen, können diese Erkenntnisse für sich nutzen.

In Herden, in denen trotz Impfung immer wieder *M. hyopneumoniae* bedingte Atemwegserkrankungen auftreten und Probleme bereiten und in denen auch durch eine Anpassung des Impfschemas keine Besserung erzielt werden konnte, ist ein hoher Erregerdruck anzunehmen und als Auslöser sehr wahrscheinlich. Der Erregerdruck kann ausschließlich durch die Bekämpfung der Infektion gesenkt werden. Neben den allgemein gültigen Maßnahmen der Betriebshygiene und einer zeitlich begrenzten antibiotischen Behandlung sollten auch die folgenden Maßnahmen berücksichtigt werden, um die Infektionskette so früh wie möglich zu unterbrechen. So sollten

- bei Produktion im 2- oder 4-Wochenrhythmus separate Abferkelabteil für die Sauen vorgehalten werden, die nach dem Umrauschen in keine reguläre Gruppe mehr passen
- während der Eingliederung im Hinblick auf *M. hyopneumoniae* immer auch direkter Nase-zu-Nase-Kontakt zu Schlachtsauen, besser noch zu Läufern bestehen
- für eine möglichst frühzeitige Infektion der Jungsauen und Impfung bei Eingliederung in die infizierte Herde gesorgt sein
- über die Möglichkeit der Einnistung *M. hyopneumoniae*-freier Jungsauen bzw. Eigenremontierung nachgedacht werden
- eine Möglichkeit geschaffen werden, ein optimiertes Rein-Raus-Verfahren durchzuführen.

Für Bestände, die Ferkel für den Markt produzieren und keine festen Lieferbeziehungen zu Ferkelaufzüchtern oder Mästern unterhalten sowie keine Reklamationen aufgrund von Atemwegserkrankungen haben, ist eine gezielte Bekämpfung der *M. hyopneumoniae*-Infektion wenig interessant, im Gegensatz zu geschlossenen Beständen oder Beständen, die über eine kontinuierliche 1:1 Lieferbeziehung Einblicke in die Bedingungen während der Mast haben und für die ein Ausstieg aus der Impfung gegen *M. hyopneumoniae* eine mögliche Option bietet. Eine individuell auf den Bestand abgestimmte Risikoeinschätzung, in der neben den bereits bekannten Risikofaktoren auch die Ergebnisse dieser Studie Berücksichtigung finden sollten, kann bei der Frage, ob ein Bestand langfristig ohne Impfung gegen *M. hyopneumoniae* auskommen kann, weiterhelfen.

Grundsätzlich ist dabei zu bedenken, dass die Wahrscheinlichkeit einer persistierenden Infektion auch nach jahrelanger Impfung gegen *M. hyopneumoniae* immer noch sehr hoch ist, da eine Impfung nicht in der Lage ist, den Erreger aus dem Bestand zu eliminieren (HAESEBROUK et al. 2004). Ob es nach dem Einstellen der Impfung zu einem so starken Anstieg der Erregermenge kommt, dass die Tiere nachfolgend erkranken, oder ob der Erregerdruck so gering gehalten werden kann, dass weder klinische Symptome noch Organveränderungen entstehen, ist von

verschiedenen Faktoren abhängig. Grundsätzlich sollte zuerst überlegt werden, was der ursprüngliche Grund für die Einführung der Impfung gegen *M. hyopneumoniae* war. Die *M. hyopneumoniae*-bedingte Atemwegserkrankung ist eine sogenannte Faktorenkrankheit (STÄRK 1998; MAES et al. 2000), die stark durch die Haltung der Tiere beeinflusst wird. Sollten sich die Haltungsbedingungen, z. B. durch Umbau, Neustrukturierung, Managementanpassung, Optimierung der Jungsaueneingliederung oder Infektionsstatus der Jungsauherkunft etc., im Vergleich zu dem Zeitpunkt, zu dem die Impfung eingeführt wurde, nicht grundlegend verändert haben, ist es nicht ratsam die Impfung gegen *M. hyopneumoniae* auszusetzen. Wenn sich allerdings Management- und Haltungsbedingungen soweit verbessert haben, dass sich aller Wahrscheinlichkeit nach kein hoher Erregerdruck aufbaut, kann die Empfehlung anders lauten. Ein Ausstieg aus der Impfung kann dann möglich sein.

Trotz aller Vorsicht kann sich solch eine Risikoeinschätzung auch als falsch erweisen. Aus diesem Grund sollte der Bestand während der ersten ein bis anderthalb Jahre nach dem Einstellen der Impfung besonders intensiv beobachtet werden. Im Fall von auftretenden Atemwegserkrankungen ist es notwendig eine Beteiligung von *M. hyopneumoniae* umgehend abzuklären.

Anders als bei der Einstellung von Impfungen gegen Viruserkrankungen kann die Infektion mit *M. hyopneumoniae* in der Zeit, die bis zum Eintritt der Impfwirkung vergeht, effektiv mittels Antibiotika behandelt werden. Das Risiko durch das Einstellen der Impfung bleibt damit im Großen und Ganzen beherrschbar.

Abschließend muss noch erwähnt werden, dass insbesondere im Hinblick auf die Beeinflussung der PCV2-Infektion durch *M. hyopneumoniae* (OPRIESSNIG et al. 2004), die Bekämpfung anderer Erreger von Atemwegsinfektionen bei der Bekämpfung von *M. hyopneumoniae* nicht außer acht gelassen werden darf, bzw. eine Impfung gegen *M. hyopneumoniae* zur Kontrolle anderer Erkrankungen des Atemtraktes beitragen kann.

6. Zusammenfassung

Henrike Wöste

„Feldstudie zum Einfluss herdenspezifischer Risikofaktoren für die Infektion mit *Mycoplasma hyopneumoniae* bei Saugferkeln in Norddeutschland“

Mycoplasma (M.) hyopneumoniae ist der ätiologische Erreger der Enzootischen Pneumonie (EP) und nahezu weltweit, besonders in Regionen mit intensiver Schweinehaltung, endemisch verbreitet. Die Enzootische Pneumonie, eine multifaktoriell bedingte Erkrankung der Atemwege, führt bei betroffenen Schweinen zu einer geringen Wachstumsrate, einem reduzierten Futterumsatz und zu erhöhten Kosten durch vermehrte Arzneimittelanwendung. Die Folge sind erhebliche ökonomische Schäden in der Schweineindustrie. Insbesondere Mängel in der Haltung und im Management der Schweineherden werden als Risikofaktoren für die Enzootische Pneumonie angesehen. In den meisten Herden wird der Erreger von der Sau auf ihre Ferkel oder zwischen den Absatzferkeln bzw. Mastschweinen übertragen. Die Übertragung von der Sau auf ihre Ferkel wird zwar als eher selten angesehen, gilt jedoch als Ausgangspunkt der Infektionskette und ist daher von großer Bedeutung für eine spätere Ausbreitung von *M. hyopneumoniae* bei den Absatzferkeln resp. bei den Mastschweinen. Da eine Impfung der Tiere zwar die Ausprägung der Erkrankung reduzieren kann, eine Infektion mit *M. hyopneumoniae* jedoch nicht verhindert, ist für eine langfristige Bekämpfung wichtig, zusätzliche Maßnahmen gegen jede Art der Ausbreitung umzusetzen. Risikofaktoren, die eine Übertragung des Erregers von der Sau auf ihre Ferkel fördern, sind bislang wenig untersucht, wenngleich gerade ihre Reduktion hoffen lässt, dass die Infektionskette bereits zu Beginn unterbrochen wird.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, zunächst die Prävalenz von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln kurz vor dem Zeitpunkt des Absetzens festzustellen. Im Anschluss wurden herdenspezifische Risikofaktoren analysiert, die eine Übertragung des Erregers auf die Saugferkel begünstigen.

Insgesamt wurden 125 Ferkelerzeugerbestände bzw. Ferkelerzeugerbestände mit angeschlossener Mast in die Untersuchung einbezogen. Die Bestände wurden mit Hilfe eines Fragebogens epidemiologisch charakterisiert und hinsichtlich des Vorkommens von *Mycoplasma hyopneumoniae* bei Saugferkeln untersucht. Hierzu wurden in jedem Bestand von 20 Saugferkeln aus je 10 unterschiedlichen Würfen Nasentupfer entnommen und mittels *realtime*-PCR auf das Vorkommen spezifischer Genomfragmente von *M. hyopneumoniae* untersucht.

M. hyopneumoniae wurde bei 3,9 % (98/2500) aller Saugferkel nachgewiesen. Der Anteil der Herden, in denen *M. hyopneumoniae* bei mindestens einem Ferkel kurz vor dem Absetzen nachzuweisen war, betrug 36,8 % (46/125). Daneben wurde bei 14,8 % (16/108) der Tierhalter, die freiwillig an einer Probenentnahme mittels Abstrich von ihrer eigenen Nasenschleimhaut an dieser Untersuchung teilnahmen, *M. hyopneumoniae* nachgewiesen.

Daten, die das Management und die Haltung der Schweine in den Beständen beschreiben, wurden sowohl in univariablen als auch in multivariablen Regressionsanalysen betrachtet, um einzelne Faktoren mit einer möglichen Assoziation zur Zielvariable (Nachweis von *M. hyopneumoniae* bei mindestens einem Saugferkeln im Bestand) zu identifizieren und ihren Einfluss zu quantifizieren. Ein erhöhtes Risiko für das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln konnte in multivariablen Modellen für Bestände nachgewiesen werden, in denen die Gruppenabferkelung nicht im 1- oder 3-wöchigen Rhythmus stattfinden. Außerdem war in solchen Herden das Risiko erhöht, in denen Abferkelabteile mit mehr als 15 Abferkelplätzen vorkamen, oder mehr als 120 Jungsauen pro Jahr zugekauft wurden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen mit Studien aus anderen Ländern überein, nach denen die Prävalenz von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln kurz vor dem Zeitpunkt des Absetzens eher gering ist. Außerdem konnten frühere Hypothesen zur Erregerübertragungen innerhalb von Herden bestätigt werden, die eine konsequente Trennung unterschiedlicher Produktions- und Altersgruppen sowie eine adäquate Eingliederung von Jungsauen als maßgebliche Risikofaktoren vermuten ließen. In

der vorliegenden Arbeit konnte erstmals gezeigt werden, dass herdenspezifische Faktoren einen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von *M. hyopneumoniae* bei Saugferkeln haben. Eine Eliminierung oben genannte Risikofaktoren sollte zu einer Reduktion der vertikalen Übertragung von *M. hyopneumoniae* führen und damit mittel- und langfristig die Ausbreitung des Erregers im Bestand vermindern.

7. Summary

Henrike Wöste

„Field study investigating the herd specific risk factors for *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in suckling pigs in the region of Northern Germany“

Mycoplasma hyopneumoniae is the etiological agent of enzootic pneumonia, a disease which is considered to be endemic in regions with intensive pig production. It causes considerable economic losses due to reduced growth rate, a lower feed-conversion ratio and increased antibiotic treatment.

Deficits in herd management and housing are deemed to be the major risk factors for enzootic pneumonia. In most herds, the bacterium is transmitted from the sow to her offspring or between the weaners and fattening pigs. The transmission of the agent from the sow to the piglet is not regarded as the primary route, but as it marks the beginning of the distribution within the herd, it must be seen as an important one. While vaccination may reduce the effects of an outbreak of the disease, it cannot prevent the infection of the pigs with *Mycoplasma hyopneumoniae*; thus supplementary measures aimed at reducing the transmission must be implemented. Risk factors that enhance the transmission of the agent from the sow to the piglet have not often been investigated; even though it is hoped, that by their reduction the dispersal of infection will be stopped at the very beginning. The aim of the present work was to assess the initial prevalence of *M. hyopneumoniae* in suckling pigs on the verge of weaning. Subsequent herd specific risk factors were analyzed, which increase the risk of transmission of the agent to the sucking pigs.

In all 125 piglet-producing or farrow-to-finish farms were included in the survey. The farms were investigated by means of a questionnaire and sampling the suckling piglets for *Mycoplasma hyopneumoniae*. Nasal swabs were taken on each farm from 20 suckling piglets out of 10 litters and were analyzed via real-time PCR concerning the occurrence of specific genomic fragments of *M. hyopneumoniae*. *Mycoplasma*

hyopneumoniae was found in an average of 3.9% (98/2500) in the piglets. In 36.8% (46/125) of the herds at least one piglet tested positive for *Mycoplasma hyopneumoniae*. 14.8% (16/108) of the livestock owners, who took part in an optional sampling via swab of their own nasal mucosa, were tested positive for *M. hyopneumoniae*. Data that characterize management and housing of the pigs were analyzed via univariate and multivariate logistic regression models in order to find a possible association with the target variable (i.e. the possibility of suckling piglets testing positive for *M. hyopneumoniae*). An increased risk of infection was associated with groups farrowing in a rhythm other than 1 or 3 weeks, for compartments with more than 15 farrowing pens and for herds buying more than 120 gilts per year. The findings of this study agree with research from other countries, which state that there is a low prevalence of *M. hyopneumoniae* in suckling pigs on the verge of weaning. Besides this, further hypotheses regarding the transmission within the herds showed that a consequent separation of different production groups and of age groups as well as a suitable integration of gilts are important protective measures. The present study shows for the first time that herd-specific factors have a significant influence over the occurrence of *M. hyopneumoniae* in suckling pigs. Compliance with the above-named factors should lead to a reduction of the vertical transmission of *M. hyopneumoniae* and should therefore reduce the dispersion of the agent within the herd.

8. Literaturverzeichnis

ANONYM (2004):

Leitlinien und Empfehlungen zur Sicherung von „Guter Epidemiologischer Praxis“ (GEP)

http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/media/Empfehlungen_GEP.pdf

Abrufdatum: 10.10.2010

ANONYM (2010):

Statistisches Bundesamt.

http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2011/07/PD11_248_413.psm1

Abrufdatum: 15.12.2010

AMASS, S., BAYSINGER, A. (2006):

Swine disease transmission and prevention.

in: STRAW, B. E., S. D`ALLAIRE, W. L. MENGELING u. D. J. TAYLOR (Hrsg.):

Diseases of Swine.

9th Edition Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK

S. 1075 - 1098

ATTESLANDER, P. (2003):

Methoden der empirischen Sozialforschung.

10. Auflage, Verlag deGruyter, Berlin

ASAI, T., M. OKADA, M. ONO, T. IRISAWA, Y. MORI, Y. YOKOMIZO u. S. SATO (1993):

Increased levels of tumor necrosis factor and interleukin 1 in bronchoalveolar lavage fluids from pigs infected with *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Veterinary immunology and immunopathology 38, 253-260

- ASAI, T., M. OKADA, M. ONO, Y. MORI, Y. YOKOMIZO u. S. SATO (1994):
Detection of interleukin-6 and prostaglandin E2 in bronchoalveolar lavage fluids of pigs experimentally infected with *Mycoplasma hyopneumoniae*.
Veterinary immunology and immunopathology 44, 97-102
- BACCARO, M. R., F. HIROSE, O. UMEHARA, L. C. GONCALVES, D. S. DOTO, R. PAIXAO, L. T. SHINYA u. A. M. MORENO (2006):
Comparative efficacy of two single-dose bacterins in the control of *Mycoplasma hyopneumoniae* in swine raised under commercial conditions in Brazil.
Vet. J. 172, 526-531
- BANDRICK, M., THEIS, K., MOLITOR, T. (2009):
Maternal influences on piglet immune response to vaccination.
Americ. Assoc. Swine Prac.,
S. 47 – 48
- BARGEN, L. E. (2004):
A system response to an outbreak of enzootic pneumonia in grow/finish pigs.
Can. Vet. J 45, 856 – 859
- BATISTA, L., PIJOAN, C., RUIZ A., UTERA, V., DEE, S. (2004):
Assessment of transmission of *Mycoplasma hyopneumoniae* by personnel.
J. Swine Health Prod. 12, 75 – 77
- BERNER, H. (1995):
Impfung – eine neue Methode der Bekämpfung der Enzootischen Pneumonie des Schweines.
Prakt. Tierarzt 14, 668 – 682

BURNETT, T. A., K. DINKLA, M. ROHDE, G. S. CHHATWAL, C. UPHOFF, M. SRIVASTAVA, S. J. CORDWELL, S. GEARY, X. LIAO, F. C. MINION, M. J. WALKER u. S. P. DJORDJEVIC (2006):

P159 is a proteolytically processed, surface adhesin of *Mycoplasma hyopneumoniae*: defined domains of P159 bind heparin and promote adherence to eukaryote cells.

Mol. Microbiol. 60, 669-686

CALSAMIGLIA, M. u. C. PIJOAN (1998):

PCR based diagnostics for profiling *Mycoplasma hyopneumoniae* shedding.

in: 1998 Allen D. Leman Swine Conference, Poc.,

S. 54 - 56

CALSAMIGLIA, M., C. PIJOAN u. A. TRIGO (1999):

Application of a nested polymerase chain reaction assay to detect *Mycoplasma hyopneumoniae* from nasal swabs.

Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc 11, 246-251

CALSAMIGLIA, M. u. C. PIJOAN (2000):

Colonisation state and colostral immunity to *Mycoplasma hyopneumoniae* of different parity sows.

Vet. rec. 146, 530-532

CAMERON, A., E. SERGEANT u. C. BALDOCK (2004):

Data management for animal health.

The AusVet Series in Epidemiological Skills for Animals Health Professionals,
Brisbane

CARUSO, J. P. u. R. F. ROSS (1990):

Effects of *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Actinobacillus* (*Haemophilus*) pleuropneumoniae infections on alveolar macrophage functions in swine.

Am. j. Vet. res. 51, 227-231

CHEN, J. R., J. H. LIN, C. N. WENG u. S. S. LAI (1998):
Identification of a novel adhesin-like glycoprotein from *Mycoplasma hyopneumoniae*.
Vet. Microbiol. 62, 97-110

CLARK, L. K., A. B. SCHEIDT, C. H. ARMSTRONG, K. KNOX u. V. B. MAYROSE
(1991):
The effect of all-in/all-out management on pigs from a herd with enzootic pneumonia.
Vet. Med. 86, 946 - 951.

DEE, S. (1997):
Porcine respiratory disease complex: "The 18 week wall".
In: Ann Meeting American Assoc Swine Pract, Quebec City
S. 465-466.

DESROSIERS, R. (2001):
A review of some aspects of the epidemiology, diagnosis and control of *Mycoplasma hyopneumoniae* infections.
J. Swine Health Prod. 9, 233 – 237

DOHOO, I., W. MARTIN, AND H. STRYHN (2003)
in: Veterinary Epidemiologic Research, Charlottetown,
PE, Canada: Atlantic Veterinary College

DONE, S. H. (1996)
Enzootic pneumonia (Mycoplasmosis) revisited.
Pig J. 38, 40 - 61

DONE, S. H. (2002):
Porcine respiratory disease complex (PRDC).
Pig J. 50, 174 – 196

DONHAM, K. J. (1991):

Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine.
Am. j. Vet res. 52, 1723-1730

DUBOSSON, C. R., C. CONZELMANN, R. MISEREZ, P. BOERLIN, J. FREY, W. ZIMMERMANN, H. HANI u. P. KUHNERT (2004):

Development of two real-time PCR assays for the detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* in clinical samples.

Vet. Microbiol. 102, 55-65

ERLANDSON, K., B. THACKER, E. BUSH u. E. THACKER (2002):

Mycoplasma hyopneumoniae seroprevalence and control strategies on farms participating in the National Animal Health Monitoring System (NAHMS).

in: 33rd Ann. Meeting Am. Assoc. Swine Vet., Kansas City, Proc., S. 31 – 34

FABLET, C., C. MAROIS, M. KOBISCH, F. MADEC u. N. ROSE (2010):

Estimation of the sensitivity of four sampling methods for *Mycoplasma hyopneumoniae* detection in live pigs using a Bayesian approach.

Vet. Microbiol. 143, 238-245

FALK, K., S. HOIE u. B. M. LIUM (1991):

An abattoir survey of pneumonia and pleuritis in slaughter weight swine from 9 selected herds. II. Enzootic pneumonia of pigs: microbiological findings and their relationship to pathomorphology.

Acta vet. Scand. 32, 67-77

FANO, E., C. PIJOAN u. S. DEE (2005):

Dynamics and persistence of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in pigs.

Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire 69, 223-228

FANO, E., C. PIJOAN u. S. DEE (2006):

Assessment of the effect of sow parity on the prevalence of *Mycoplasma hyopneumoniae* in piglets at weaning.

in: Congr. Int. Pig Vet. Soc., Copenhagen, Proc. 1, S. 96

FANO, E., C. PIJOAN, S. DEE u. J. DEEN (2007):

Effect of *Mycoplasma hyopneumoniae* colonization at weaning on disease severity in growing pigs.

Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire 71, 195-200

GIANI, E. (2005):

A multiplex real-time PCR for the detection of *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Dissertation der Vetsuisse Bern

GOODWIN, R. F. (1985):

Apparent reinfection of enzootic-pneumonia-free pig herds: search for possible causes.

Vet. rec. 116, 690-694

HAESEBROUCK, F., PASMANS, F., CHIERS, K., MAES, D., DUCATELLE, R., DECOSTERE, A., 2004:

Efficacy of vaccines against bacterial diseases in swine: what can we expect?

Vet. Microbiol. 100, 255-268.

HARASAWA, R., K. KOSHIMIZU, O. TAKEDA, T. UEMORI, K. ASADA u. I. KATO (1991):

Detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* DNA by the polymerase chain reaction.

Molecular and cellular probes 5, 103-109

HARUNA, J., P. HANNA, D. HURNIK, B. IKEDE, L. MILLER u. C. YASON (2006):
The role of immunostimulation in the development of postweaning multisystemic
wasting syndrome in pigs under field conditions.
Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche
veterinaire 70, 269-276

HEINONEN, M., T. AUTIO, H. SALONIEMI u. V. TUOVINEN (1999):
Eradication of *Mycoplasma hyopneumoniae* from infected swine herds joining the
LSO 2000 health class.
Acta Vet. Scand. 40, 241 – 252

HEUSER, W. (1999):
Gilt pool management – acclimatization and verification.
in: Congr. Am. Assoc. Swine Pract., St. Luis, Proc., S. 469 – 471

HILTERMANN-LINDEN, E. (2004):
Vergleich von Methoden zum Nachweis von *Mycoplasma hyopneumoniae*-
Infektionen beim Schwein sowie epidemiologische Untersuchungen über die
Verbreitung der enzootischen Pneumonie im Weser-Ems Gebiet im Jahre 1996.
Vet. Med. Diss. Hannover

HOLM, K. (1998):
Der Fragebogen – Die Stichprobe
in: Holm, K. (Hrsg.), Die Befragung Bd.1, UTB Francke

JENSEN, C. S., A. K. ERSBOLL u. J. P. NIELSEN (2002):
A meta-analysis comparing the effect of vaccines against *Mycoplasma*
hyopneumoniae on daily weight gain in pigs.
Preventive veterinary medicine 54, 265-278

KIRCHHOFF, S., KUHNT, S., LIPP, P., SCHLAWIN, S. (2008):
Der Fragebogen – Datenbasis, Konstruktion und Auswertung
4., überarbeitete Auflage, VS Verlag

KIRSCHOFER-BODENHARD, KAPLIKA (1986):
Der Fragebogen
in: Holm, K. (Hrsg.), Die Befragung Bd.1, UTB Francke

KOBISCH, M., B. BLANCHARD u. M. F. LE POTIER (1993):
Mycoplasma hyopneumoniae infection in pigs: duration of the disease and resistance
to reinfection.
Vet. res. 24, 67-77

KOBISCH, M., A. LABBÉ, P. MORVAN u. R. CARIOLET (1994):
Evaluation of *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccine in pigs experimentally infected
with *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Pasteurella multocida*.
in: 13th Congr. Int. Pig Vet. Soc., Bangkok 1994, Proc., S. 194

GROSSE BEILAGE, E., u. A. SCHREIBER (2005):
Impfung von Sauen gegen *Mycoplasma hyopneumoniae* mit Hyoresp®.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 112, 241-280

KOBISCH, M. u. N. F. FRIIS (1996):
Swine mycoplasmoses.
Rev Sci Tech 15, 1569-1605

KOBISCH, M. (2000):
Mycoplasma diseases in pigs ± old diseases still causing trouble.
in: 16th Congr. Int. Pig Vet Soc., Melbourne, Proc.,
S. 434 – 438

KURTH, K. T., T. HSU, E. R. SNOOK, E. L. THACKER. B. J. THACKER u. F. C. MINION (2002):

Use of a *Mycoplasma hyopneumoniae* nested polymerase chain reaction test to determine optimal sampling sites in swine.

J. Vet Diagn. Invest. 14, 463 – 469.

LEON, E. A., F. MADEC, N. M. TAYLOR u. M. KOBISCH (2001):

Seroepidemiology of *Mycoplasma hyopneumoniae* in pigs from farrow-to-finish farms.

Vet. Microbiol. 78, 331-341

LE POTIER, M. F., P. ABIVEN, M. KOBISCH, D. CREVAT u. P. DESMETTRE (1994):

A blocking ELISA using a monoclonal antibody for the serological detection of *Mycoplasma hyopneumoniae*.

Res. Vet. Sci. 56, 338 - 45.

LLOYD, L.C., ETHERIDGE, J.R. (1981):

Production of arthritis by intravenous inoculation of *Mycoplasma hyopneumoniae* tests on five strains.

Res. Vet. Sci. 30 (1):124-6

MAES, D., M. VERDONCK, H. DELUYKER u. A. DE KRUIF (1996):

Enzootic pneumonia in pigs.

Vet Q 18, 104-109

MAES, D., H. DELUYKER, M. VERDONCK, F. CASTRYCK, C. MIRY, B. VRIJENS u. A. DE KRUIF (2000):

Herd factors associated with the seroprevalences of four major respiratory pathogens in slaughter pigs from farrow-to-finish pig herds.

Vet. res. 31, 313-327

MAES, D., J. SEGALES, T. MEYNS, M. SIBILA, M. PIETERS u. F. HAESEBROUCK (2008):

Control of *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in pigs.

Vet. Microbiol. 126, 297-309

MESSIER, S. u. R. F. ROSS (1991):

Interactions of *Mycoplasma hyopneumoniae* membranes with porcine lymphocytes.

Am. j. vet. res. 52, 1497-1502

MEYNS, T., D. MAES, J. DEWULF, J. VICCA, F. HAESEBROUCK u. A. DE KRUIF (2004):

Quantification of the spread of *Mycoplasma hyopneumoniae* in nursery pigs using transmission experiments.

Prev. vet. med. 66, 265-275

MEYNS, T., J. DEWULF, A. DE KRUIF, D. CALUS, F. HAESEBROUCK u. D. MAES (2006):

Comparison of transmission of *Mycoplasma hyopneumoniae* in vaccinated and non-vaccinated populations.

Vaccine 24, 7081-7086

MORRIS, C. R., I. A. GARDNER, S. A. HIETALA, T. E. CARPENTER, R. J. ANDERSEN u. K. M. PARKER (1994):

Persistence of passively acquired antibodies to *Mycoplasma hyopneumoniae* in a swine herd.

Prev. Vet. Med. 21, 29-41

MORRIS, C. R., I. A. GARDNER, S. K. HIETALA, T. E. CARPENTER, R. J. ANDERSON u. M. PARKER (1995):
Seroepidemiologic study of natural transmission of *Mycoplasma hyopneumoniae* in a swine herd.
Prev. Vet. Med. 21, 323 – 337

MORRIS, P. J., M. D. MORRIS u. S. E. SANFORD (2001):
Comparison of performance parameters of pigs vaccinated with Ingelvac® M.hyo 1-dose bacterin vs Respisure® Mycoplasma hyopneumoniae bacterin.
in: 32nd Ann. Meeting Americ. Assoc. Swine Pract., Nashville, Proc. S. 157 – 162

MOORKAMP, L., H. NATHUES, J. SPERGSE, R. TEGELER u. E. G. BEILAGE (2008):
Detection of respiratory pathogens in porcine lung tissue and lavage fluid.
Vet J 175, 273-275

MORRISON, R. B., C. PIJOAN, H. D. HILLEY u. V. RAPP (1985):
Microorganisms associated with pneumonia in slaughter weight swine.
Canadian journal of comparative medicine. Revue canadienne de medecine comparee 49, 129-137

NATHUES, H. (2011):
Influence of *Mycoplasma hyopneumoniae* strain variation, environmental factors and co-infections on Enzootic Pneumonia in pigs.
PhD Thesis, University of Veterinary Medicine Hannover,
Field Station for Epidemiology, Bakum

NATHUES, H., GROSSE BEILAGE, E. (2009):
Diagnostik und Bekämpfung der Enzootischen Pneumonie beim Schwein.
Tierärztl. Prax. 37(G), 134 – 141

NOORDHUIZEN, J. P. T. M. (1997):

Questionnaires for Field Surveys: Design and Conduct.

In: J. P. T. M. NOORDHUIZEN, K. FRANKENA, C. M. VAN DER HOOFD, E. A. M. GRAAT (Hrsg.): Application of Quantitative Methods in Veterinary Epidemiology. Verlag Wageningen Pers, Wageningen, 425 - 440

OPRIESSNIG, T., S. YU, J. M. GALLUP, R. B. EVANS, M. FENAUX, F. PALLARES, E. L. THACKER, C. W. BROCKUS, M. R. ACKERMANN, P. THOMAS, X. J. MENG u. P. G. HALBUR (2003):

Effect of vaccination with selective bacterins on conventional pigs infected with type 2 porcine circovirus.

Vet. Pathol. 40, 521-529

OPRIESSNIG, T., E. L. THACKER, S. YU, M. FENAUX, X.-J. MENG u. P. G. HALBUR (2004):

Experimental reproduction of postweaning multisystemic wasting syndrome in pigs by dual infection with *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine Circovirus Type 2.

Vet. Pathol. 41, 624 – 640

PIFFER, I. A. u. R. F. ROSS (1984):

Effect of age on susceptibility of pigs to *Mycoplasma hyopneumoniae* pneumonia.

Am. j. vet. res. 45, 478-481

PRÜFER, P. und A. STIEGLER

Die Durchführung des standardisierten Interviews: Ein Leitfaden

Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim

http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/howto/How-to-11ppas.pdf

Abrufdatum: 13.12.2010

RAUTIAINEN, E., u. P. WALLGREN (2001):

Aspects of the transmission of protection against *Mycoplasma hyopneumoniae* from sow to offspring.

J. Vet. Med. B 48, 55 - 65

ROSS, R. F. (1992):

Mycoplasmal Diseases.

in: STRAW, B. E., S. D'ALLAIRE, W. L. MENGELING u. D. J. TAYLOR (Hrsg.):

Diseases of Swine.

7th Edition Iowa State University Press, Ames,

S. 537 – 551

ROSS, R. F. (1999):

Mycoplasmal Diseases.

in: STRAW, B. E., S. D'ALLAIRE, W. L. MENGELING u. D. J. TAYLOR (Hrsg.):

Diseases of Swine.

8th Edition Iowa State University Press, Ames,

S. 495 – 509

ROSS, R. F. u. T. F. YOUNG (1993):

The nature and detection of mycoplasmal immunogens.

Vet. Microbiol. 37, 369-380

RUIZ., A., L. BATISTA u. C. PIJOAN (2002 b):

Effect of different vaccination protocols in *Mycoplasma hyopneumoniae* infection.

in: 17th Congr. Int. Pig Vet. Soc., Ames, Proc. 2, S. 334

RUIZ, A. R., V. UTRERA u. C. PIJOAN (2003):

Effect of *Mycoplasma hyopneumoniae* sow vaccination on piglet colonization at weaning.

J. Swine Health Prod. 11, 131 – 135

SCHMIDT, J. A., G. F. BROWNING u. P. F. MARKHAM (2004):

Mycoplasma hyopneumoniae p65 surface lipoprotein is a lipolytic enzyme with a preference for shorter-chain fatty acids.

Journal of bacteriology 186, 5790-5798

SCHNELL, R., ESSER, E., HILL, P. B. (1999)

Methoden der empirischen Sozialforschung

6. Aufl., München, Wien

SEIPEL, C. u. P. RIEKER (2003):

Integrative Sozialforschung: Konzepte und Methoden der qualitativen und quantitativen empirischen Forschung.

Juventa Verlag Weinheim und München

SELBITZ, H. J. (1992)

Mollicutes – Mycoplasmatales, Acholeplasmatales.

In: SELBITZ, H. J. (Hrsg.): Lehrbuch der veterinärmedizinischen Bakteriologie,

Gustav Fischer Verlag, Jena,

S. 238 - 250

SHCHERBAKOV, A. V., S. A. KUKUSHKIN, A. M. TIMINA, T. Z. BAIBIKOV, V. F.

KOVALISHIN, A. V. KAN'SHINA, P. B" IADOVSKAIA O, L. B. PROKHVATILOVA, O.

I. RUCHNOVA, I. N. BAKUNOV u. M. V. BABKIN (2007):

Monitoring of infectious diseases among wild boars.

Voprosy virusologii 52, 29-33

SHELDRAKE, R. F., I. A. GARDNER, M. M. SAUNDERS u. L. F. ROMALIS (1990):
Serum antibody response to *Mycoplasma hyopneumoniae* measured by enzyme-linked immunosorbent assay after experimental and natural infection of pigs.
Australian veterinary journal 67, 39-42

SHIBATA, I., M. OKADA, K. URONO, Y. SAMEGAI, M. ONO, T. SAKANO u. S. SATO (1998):
Experimental dual infection of cesarean-derived, colostrum-deprived pigs with *Mycoplasma hyopneumoniae* and pseudorabies virus.
The Journal of veterinary medical science / the Japanese Society of Veterinary Science 60, 295-300

SIBILA, M., M. CALSAMIGLIA, D. VIDAL, L. BADIELLA, A. ALDAZ u. J. C. JENSEN (2004):
Dynamics of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in 12 farms with different production systems.
Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire 68, 12-18

SIBILA, M., M. NOFRARIAS, S. LOPEZ-SORIA, J. SEGALES, P. RIERA, D. LLOPART u. M. CALSAMIGLIA (2006):
Mycoplasma hyopneumoniae infection in suckling pigs: An exploratory field study.
in: 19th Congr. Int. Pig Vet. Soc., Copenhagen, Proc. 1, S. 94

SIBILA, M., M. NOFRARIAS, S. LOPEZ-SORIA, J. SEGALES, P. RIERA, D. LLOPART u. M. CALSAMIGLIA (2007a):
Exploratory field study on *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in suckling pigs.
Vet. Microbiol. 121, 352-356

SIBILA, M., M. NOFRARIAS, S. LOPEZ-SORIA, J. SEGALES, O. VALERO, A. ESPINAL u. M. CALSAMIGLIA (2007b):

Chronological study of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection, seroconversion and associated lung lesions in vaccinated and non-vaccinated pigs.

Vet. Microbiol. 122, 97-107

SIBILA, M., G. MENTABERRE, M. BOADELLA, E. HUERTA, C. FONT, C. GORTAZAR, I. MARCO, S. LAVIN, J. SEGALES (2008):

Evidence of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in wild boars in Spain.

Proc. 20th Int. Pig Vet. Soc. Congress, Durban

S. 203

SØRENSEN, V., P. AHRENS, K. BARFOD, A. A. FEENSTRA, N. C. FELD, N. F. FRIIS, V. BILLE-HANSEN, N. E. JENSEN u. M. W. PEDERSEN (1997):

Mycoplasma hyopneumoniae infection in pigs: duration of the disease and evaluation of four diagnostic assays.

Vet. Microbiol. 54, 23-34

STAKENBORG, T., J. VICCA, P. BUTAYE, D. MAES, J. PEETERS, A. DE KRUIF u. F. HAESEBROUCK (2005):

The diversity of *Mycoplasma hyopneumoniae* within and between herds using pulsed-field gel electrophoresis.

Vet. Microbiol. 109, 29-36

STANG, A. (2008):

Appropriate epidemiologic methods as a prerequisite for valid study results.

European journal of epidemiology 23, 761-765

STÄRK, K. D., H. KELLER u. E. EGGENBERGER (1992):

Risk factors for the reinfection of specific pathogen-free pig breeding herds with enzootic pneumonia.

Vet. rec. 131, 532-535

STÄRK, K. D., J. NICOLET u. J. FREY (1998):

Detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* by air sampling with a nested PCR assay.

Applied and environmental microbiology 64, 543-548

STÄRK, K.D.C. (1999):

The role of infectious aerosols in disease transmission in pigs.

J. Vet. Med. B 158, 164 - 181

STÄRK, K. D. (2000):

Epidemiological investigation of the influence of environmental risk factors on respiratory diseases in swine--a literature review.

Vet. J. 159, 37-56

STEVENSON, G. W. (1998):

Bacterial pneumonia in swine.

in: 15th Congr. Int. Pig Vet. Soc., Birmingham, Proc., S 11 – 20

STRAIT, E. (2009)

The perfekt test for *Mycoplasma*.

Americ. Assoc. Swine Pract.

S. 427 – 429

TAJIMA, M., T. YAGIHASHI, T. NUNOYA, A. TAKEUCHI u. F. OHASHI (1984):

Mycoplasma hyopneumoniae infection in pigs immunosuppressed by thymectomy and treatment with antithymocyte serum.

Am. j.vet. res. 45, 1928-1932

THACKER, E. L., B. J. THACKER, T. B. BOETCHER u. H. JAYAPPA (1998):
Comparison of antibody production, lymphocyte stimulation and protection induced
by four commercial *Mycoplasma hyopneumoniae* bacterins.
Swine Health Prod. 6, 107 - 112

THACKER, E. L., P. G. HALBUR, R. F. ROSS, R. THANAWONGNUWECH u. B. J.
THACKER (1999):
Mycoplasma hyopneumoniae potentiation of porcine reproductive and respiratory
syndrome virus-induced pneumonia.
Journal of clinical microbiology 37, 620-627

THACKER, E. L., B. J. THACKER, M. KUHN, P. A. HAWKINS u. W. R. WATERS
(2000):
Evaluation of local and systemic immune responses induced by intramuscular
injection of a Mycoplasma hyopneumoniae bacterin to pigs.
Am. j.vet. res. 61, 1384-1389

THACKER, E. L. (2001):
Mycoplasma diagnosis and immunity.
in: 32th Ann. Meet. Americ. Assoc. Swine Pract., Nashville,
S. 467 – 469

THACKER, E. L. (2006):
Mycoplasmal Diseases
in: STRAW, B. E., S. D'ALLAIRE, W. L. MENGELING u. D. J. TAYLOR (Hrsg.):
Diseases of Swine.
9th Edition Iowa State University Press, Ames,
S. 701 – 717

THANAWONGNUWECH, R., T. F. YOUNG, B. J. THACKER u. E. L. THACKER (2001):

Differential production of proinflammatory cytokines: in vitro PRRSV and *Mycoplasma hyopneumoniae* co-infection model.

Veterinary immunology and immunopathology 79, 115-127

THOMSON, B. L., S. E. JORSAL, S. ANDERSEN u. P. WILLEBERG (1992):

The Cox regression model applied to risk factor analysis of infections in the breeding and multiplying herds in the Danish SPF system.

Prev. Vet. Med. 12, 287 – 297

VERDIN, E., C. SAILLARD, A. LABBE, J. M. BOVE u. M. KOBISCH (2000):

A nested PCR assay for the detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* in tracheobronchiolar washings from pigs.

Vet. Microbiol. 76, 31-40

VICCA, J., T. STAKENBORG, D. MAES, P. BUTAYE, J. PEETERS, A. DE KRUIF u. F. HAESEBROUCK (2003):

Evaluation of virulence of *Mycoplasma hyopneumoniae* field isolates.

Vet. Microbiol. 97, 177-190

VILLARREAL, I., T. MEYNS, J. DEWULF, K. VRANCKX, D. CALUS, F. PASMANS, F. HAESEBROUCK u. D. MAES (2011):

The effect of vaccination on the transmission of *Mycoplasma hyopneumoniae* in pigs under field conditions.

Vet. J. 188, 48-52

VONNAHME, J. (2005):

Serologische und epidemiologische Untersuchungen zur Identifikation von Risikofaktoren für die Ausbreitung von Salmonellen in Aufzuchtbetrieben für Jungsauen.

Vet. med. Diss. Hannover

WALLGREN, P., K. ARTURSSON, C. FOSSUM u. G. V. ALM (1993):

Incidence of infections in pigs bred for slaughter revealed by elevated serum levels of interferon and development of antibodies to *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Actinobacillus pleuropneumoniae*.

Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe B. Journal of veterinary medicine. Series B 40, 1-12

WALLGREN, P., G. BOLSKE, S. GUSTAFSSON, S. MATTSSON u. C. FOSSUM (1998):

Humoral immune responses to *Mycoplasma hyopneumoniae* in sows and offspring following an outbreak of mycoplasmosis.

Vet. Microbiol. 60, 193-205

WHITTLESTONE, P. (1990):

Control of enzootic pneumonia infection in pigs.

J. Vet. Med. B 20, 254-259

WOESTE, K., GROSSE BEILAGE, E. (2007):

Die Übertragung von Erregern des *porcine respiratory disease complex* (PRDC) zwischen Schweineherden – eine Literaturübersicht.

2. Mitteilung – Übertragung durch Sperma, Luft und belebte/unbelebte Vektoren

Dtsch. tierärztl. Wschr. 114, 364 - 373

YAGER, G., CLOTHIER, K., STRAIT, E., JOHNSON, J., THACKER, E., (2008):
Comparison of *Mycoplasma hyopneumoniae* serology tests.
.Americ. Assoc. Swine. Pract..
S. 75 – 78

YAGIHASHI, T., S. KAZAMA u. M. TAJIMA (1993):
Seroepidemiology of *Mycoplasma hyopneumoniae* of swine in Japan as survey by
enzyme-linked immunosorbent assay.
Vet. Microbiol. 34, 155 - 166

ZIELINSKI G. C. u. R. F. ROSS (1993):
Adherence to *Mycoplasma hyopneumoniae* to porcine ciliated respiratory tract cells.
Am. J. Vet. Res. 54, 1262 - 1269

ZIMMERMANN, W., W. ODERMATT u. P. TSCHUDI (1989):
Enzootische Pneumonie (EP): Die Teilsanierung EP- reinfizierter
Schweinezuchtbetriebe als Alternative zur Totalsanierung.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 131, 179 – 191

9. Anhang

Anhang 1

Prävalenzen und Risikofaktoren für die Enzootische
Pneumonie (*M. hyopneumoniae*-Infektion)
beim Saugferkel

Fragebogen

Tierbesitzer

Name, Vorname

Straße, HsNr.

PLZ, Ort

Telefon

Telefax

Tierarzt

Name, Vorname

Straße, HsNr.

PLZ, Ort

Telefon

Telefax

Datum:

I. Herde

Produktionstyp

(1) Kombi

(2) Ferkelerzeuger

Genetik (x) _____

(1) BHZP

(4) JSR

(2) PIC

(5) SNW

(3) Hülsenberger

(6) Hermitage

Herdengröße

	Hofstelle	Außenanlage	Insgesamt
Sauen	_____	_____	_____
Absetzferkel	_____	_____	_____
Mastschweine	_____	_____	_____

Altersstruktur der Sauenherde

Sauen 1. Wurf: _____

Sauen 5. Wurf: _____

Sauen 2. Wurf: _____

Sauen 6. Wurf: _____

Sauen 3. Wurf: _____

Sauen \geq 7. Wurf: _____

Sauen 4. Wurf: _____

Herkunft der Daten _____

Abfragedatum (1 Monat vor Probennahme) _____

II. Gebäude

Was ist in einem Gebäude mit den Abferkelställen?

(1) FD

(2) Mastställe

(3) Quarantäne JS

(4) Deckzentrum

(5) NT- Bereich

Umtrieb der Sauen durch belegte FD-Abteile

(0) nein

(1) ja

Umtrieb der Sauen durch belegte Mast-Abteile (0) nein
 (1) ja

III. Management Abferkelstall

Abferkelrhythmus (1) 1 Woche
 (2) 2 Wochen
 (3) 3 Wochen
 (0) anderer / keiner

Belegung im Rein-Raus-Verfahren (1) 100 %
 (2) 75 – 99 %
 (3) < 75 %

Abteil für Zwischenabferkelung (0) nein
(besonders wichtig bei 2 Wo-Rhythmus) (1) ja

Leerzeit zwischen Belegungen _____ Tage

Reinigung per Hochdruckreiniger (1) ja
vor Neubelegung (2) nicht konsequent
 (3) nein

Desinfektion vor Neubelegung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Sauen gewaschen vor Einstallung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Überwachung der Geburt (incl. Nachtschicht?) (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Nach wie vielen Tagen werden ihre Ferkel kastriert? _____ Tage
 Nach wie vielen Tagen werden die Schwänze gekürzt? _____ Tage
 Nach wie vielen Tagen werden die Zähne gekürzt? _____ Tage
 Nach wie vielen Tagen bekommen ihre Ferkel Ohrmarken? _____ Tage
 Mit wie vielen Tagen bekommen die Ferkel Eisen injiziert? mit _____ und _____ Tagen

Impfung der Ferkel gegen M. hyo

ja mit:

- (1) Hyoresp
- (2) Ingelvac M. hyo
- (3) Mypravac suis
- (4) Resporc M. HYO one shot
- (5) Stellamune Mycoplasma
- (6) Stellamune one
- (7) Suvaxyn M.hyo
- (8) Suvaxyn M.hyo-Parasuis
- (9) Suvaxyn MH one
- (10) M+PAC
- (11) Porcilis M. hyo

keine Impfung

Zeitpunkt der M. hyo Impfung

- (1) 1. Lebenswoche
- (2) 2. Lebenswoche
- (3) 3. Lebenswoche
- (..) Lebenswoche
- (103) 1. u. 3. Lebenswoche
- (104) 1. u. 4. Lebenswoche
- (..) undLebenswoche

Impfung der Ferkel gegen PRRSV

ja mit:

- (1) Ingelvac PRRS KV
- (2) Ingelvac PRRS MLV
- (3) Porcilis PRRS
- (4) Progressis

keine Impfung

Zeitpunkt der PRRS Impfung

- (1) 1. Lebenswoche
- (2) 2. Lebenswoche
- (3) 3. Lebenswoche
- (4) 1. u. 3. Lebenswoche

Andere Impfungen der Ferkel

- (1) Hps-Vakzine
- (2) PCV 2
- (3) stallspezifische Vakzine
gegen: _____
- (x) andere Impfstoffe
gegen: _____
- (0) keine Impfung

Zeitpunkt der anderen Impfungen

- (1) 1. Lebenswoche
- (2) 2. Lebenswoche
- (3) 3. Lebenswoche
- (4) 4. Lebenswoche

Bekommen die Ferkel während der Säugezeit routinemäßig Antibiotika-Spritzen?

- ja
- nein

Wenn ja: als Vorbeuge gegen

- Gelenksentzündung
Präparat: _____
- Kümmern
Präparat: _____
- Durchfall
Präparat: _____
- Spritze
- oral
- Atemwegserkrankungen
Präparat: _____
- andere

Präparat: _____

Zeitpunkt der antibiotischen Behandlung

- 1. Lebenswoche
 - (1) einmal
 - (2) zweimal
 - (3) öfter
- 2. Lebenswoche
 - (1) einmal
 - (2) zweimal
 - (3) öfter
- 3. Lebenswoche
 - (1) einmal
 - (2) zweimal
 - (3) öfter

Umsetzen von Ferkeln

- (1) < 5 %
- (2) 5 – 10 %
- (3) > 10 %

durchschnittliches Absetzalter

_____ Tage

IV. Management Sauen

Impfung der Sauen gegen PRRSV

ja mit:

- (1) Ingelvac PRRS KV
- (2) Ingelvac PRRS MLV
- (3) Porcilis PRRS
- (4) Progressis

keine Impfung

Zeitpunkt der PRRS-Impfung

(1) reproduktionsorientiert

5/50

6/60

andere: _____

(3) alle 3 Monate

(4) alle 4 Monate

(5) \geq alle 5 Monate

Wenn bestandsweise geimpft wird, wann war der letzte Impftermin _____

Impfung der Sauen gegen PCV 2

ja

keine Impfung

Impfung der Sauen gegen R/A

ja

keine Impfung

Impfung der Sauen gegen Influenza

ja

keine Impfung

Impfung der Sauen gegen App

ja

keine Impfung

Welche Antibiotika bekommen die Sauen um den Geburtszeitpunkt zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze

Futter

Präparat: _____ Spritze

Futter

(1) β -Lactam-Antibiotika per injectionem

(2) β -Lactam-Antibiotika per os

(3) Makrolide per injectionem

(6) Makrolide per os

(4) Tetracycline per injectionem

(5) Tetracycline per os

(0) keine

Dauer der Behandlung

_____ Tage

Welche Antibiotika bekommen die Sauen während der Säugezeit zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze

Futter

Präparat: _____ Spritze

Futter

(1) β -Lactam-Antibiotika per injectionem

(2) β -Lactam-Antibiotika per os

(3) Makrolide per injectionem

(4) Makrolide per os

(5) Tetracycline per injectionem

(6) Tetracycline per os

(0) keine

Dauer der Behandlung

_____ Tage

V. Management im Flatdeck

Anzahl der FD Abteile _____

Plätze pro FD Abteil _____

Anzahl der FD-Plätze insgesamt

Belegung im Rein-Raus-Verfahren (1) 100 %
 (2) 75 – 99 %
 (3) < 75 %

Leerzeit zwischen Belegungen _____ Tage

Reinigung per Hochdruckreiniger
vor Neubelegung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Desinfektion vor Neubelegung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Welche Antibiotika bekommen die Ferkel bei Einstellung ins FD zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze

Futter

Präparat: _____ Spritze

Futter

(1) β -Lactam-Antibiotika per injectionem

(2) β -Lactam-Antibiotika per os

(3) Makrolide per injectionem

(3) Makrolide per os

(4) Tetracycline per injectionem

(5) Tetracycline per os

(x) andere Antibiotika

(0) keine

Dauer der Behandlung _____ Tage

VI. Management Mast (falls vorhanden)

Belegung im Rein-Raus-Verfahren (1) 100 %
 (2) 75 – 99 %
 (3) < 75 %

Leerzeit zwischen Belegungen _____ Tage

Reinigung per Hochdruckreiniger
vor Neubelegung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Desinfektion vor Neubelegung (1) ja
 (2) nicht konsequent
 (3) nein

Welche Antibiotika bekommen die Schweine bei Einstallung in den Maststall zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze
 Futter
Präparat: _____ Spritze
 Futter

- (1) β -Lactam-Antibiotika per injectionem
- (2) β -Lactam-Antibiotika per os
- (3) Makrolide per injectionem
- (4) Tetracycline per injectionem
- (5) Tetracycline per os
- (x) andere Antibiotika
- (0) Keine

Behandlungsdauer _____ Tage

VII. Management Jungsauen

Bezug von Jungsauen

(1) Eigenremontierung

(2) Zukauf

Remontierungsrate

_____ %

_____ Anzahl Zukäufe / 12 Monate

_____ Anzahl zugekaufter Tiere / 12 Monate

_____ Alter der Sauen bei Zukauf

_____ Anzahl der Herkunftsbetriebe

Erfolgt die Eingliederung der Jungsauen unter Quarantäne?

ja

nein

Eigenremontierung

Wenn ja:

Dauer der Isolierung

_____ Wochen

Wo liegt der Quarantänestall

(1) separater Standort

(2) separates Stallgebäude

(3) separates Stallabteil

Wie wird der Quarantänestall belegt?

(1) Rein-Raus-Verfahren

(2) Kontinuierlich

Welche Kontakte haben die Jungsauen?

(1) Altsauen

Anzahl _____

Dauer _____ (Tage)

(2) Läufer

Anzahl _____

Dauer _____ (Tage)

(3) Kot / Nachgeburten

wie oft _____

(0) kein Kontakt

Impfung der JS gegen M. hyo

ja mit:

- (1) Hyoresp
- (2) Ingelvac M. hyo
- (3) Mypravac suis
- (4) Respirorc M. HYO one shot
- (5) Stellamune Mycoplasma
- (6) Stellamune one
- (7) Suvaxyn M.hyo
- (8) Suvaxyn M.hyo-Parasuis
- (9) Suvaxyn MH one
- (10) M+PAC
- (11) Porcilis M. hyo

keine Impfung

Wenn ja, in welcher Woche der Eingliederung ? _____ Woche

Anzahl der Impfungen gegen M. hyo

- (1) einmal
- (2) zweimal

Impfung der JS gegen PRRSV

ja mit:

- (1) Ingelvac PRRS KV
- (2) Ingelvac PRRS MLV
- (3) Porcilis PRRS
- (4) Progressis

keine Impfung

Wenn ja, in welcher Woche der Eingliederung ? _____ Woche

Anzahl der PRRS-Impfungen

- (1) einmal
- (2) zweimal

Impfung der JS gegen PCV 2

- ja
- keine Impfung

Impfung der JS gegen R/A

- ja
- keine Impfung

Impfung der JS gegen Influenza ja
 keine Impfung

Impfung der JS gegen App ja
 keine Impfung

Welche Antibiotika bekommen die Jungsauen bei der Einstallung zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze

Futter

Präparat: _____ Spritze

Futter

(1) β -Lactam-Antibiotika per injektionem

(2) β -Lactam-Antibiotika per os

(3) Makrolide per injectionem

(4) Tetracycline per injectionem

(5) Tetracycline per os

(6) Makrolide per os

(0) keine

IX. Management Jungeber

Bezug von Jungeber

(1) Eigenremontierung

(2) Zukauf

_____ Anzahl Zukäufe / 12 Monate

_____ Anzahl zugekaufter Tiere / 12 Monate

_____ Alter der Eber bei Zukauf

_____ Anzahl der Herkunftsbetriebe

Isolierung der Jungeber

(1) ja

(0) nein

Dauer der Isolierung

_____ Wochen

Lage des Quarantänestalles

(1) separater Standort

(2) separates Stallgebäude

(3) separates Stallabteil

Belegung des Quarantänestalles

(1) Rein-Raus-Verfahren

(2) Kontinuierlich

Welche Kontakte haben die Jungeber?

(1) Altsauen

Anzahl _____

Dauer _____ (Tage)

(2) Läufer

Anzahl _____

Dauer _____ (Tage)

(3) Kot / Nachgeburten

wie oft _____

(0) kein Kontakt

Werden die JE gegen M. hyo geimpft?

ja mit:

- (1) Hyoresp
- (2) Ingelvac M. hyo
- (3) Mypravac suis
- (4) Respirorc M. HYO one shot
- (5) Stellamune Mycoplasma
- (6) Stellamune one
- (7) Suvaxyn M.hyo
- (8) Suvaxyn M.hyo-Parasuis
- (9) Suvaxyn MH one
- (10) M+PAC
- (11) Porcilis M. hyo

keine Impfung

Wenn ja, in welcher Woche der Eingliederung ?

_____ Woche

Anzahl der Impfungen gegen M. hyo

- (1) einmal
- (2) zweimal

Impfung der JE gegen PRRSV

- ja
- keine Impfung

Impfung der JE gegen PCV 2

- ja
- keine Impfung

Impfung der JE gegen R/A

- ja
- keine Impfung

Impfung der JE gegen Influenza

- ja
- keine Impfung

Impfung der JE gegen App

- ja
- keine Impfung

Welche Antibiotika bekommen die JE bei der Einstellung zur Unterstützung?

Präparat: _____ Spritze

Futter

Präparat: _____ Spritze

Futter

(1) β -Lactam-Antibiotika per injektionem

(2) β -Lactam-Antibiotika per os

(3) Makrolide per injectionem

(4) Tetracycline per injectionem

(5) Tetracycline per os

(6) Makrolide per os

(0) keine

X. Haltung Abferkelstall			
	Abteil 1	Abteil 2	Abteil 3
Alter der aktuellen Stalleinrichtung in Jahren			
Anzahl Abferkelabteile			
Abferkelplätze pro Abteil			
Abferkelplätze total			
Variation der Abferkeltermine Im Abteil (in Tagen)			
Boden in der Abferkelbucht			
(1) Kunststoff			
(2) Metall			
(3) Beton			
(4) Mix			
Boden im Ferkelnest			
(1) Kunststoff			
(2) Metall			
(3) Beton			
(4) Mix			
Heizung im Ferkelnest			
(1) Warmwasser			
(2) Infrarotlampe			
(3) Warmwasser + Infrarotlampe			
(4) Gasstrahler			
(0) keine			
Dauer der Beheizung (in Tagen)			
Zuluft im Abferkelabteil			
(1) Ganglüftung			
(2) Rieseldecke			
(3) Zuluftklappen			

(4) Mix			
Abluft im Abferkelabteil			
(1) Deckenventilator			
(2) Unterflur			
(3) Mix			

XIII. Haltung Jungsauen

Alter der aktuellen Stalleinrichtung _____ Jahre

_____ Tiere / Bucht _____ m² / Bucht

_____ Tiere / Abteil _____ m² / Abteil

_____ Buchten / Abteil _____ m³ / Abteil

Boden im Jungsauenstall

- (1) Teilspalten
- (2) Vollspalten
- (3) Vollspalten mit reduziertem Schlitzanteil
- (4) Tiefstreu
- (5) Mix

Trennwände zwischen den Buchten

- (1) geschlossen
- (2) offen

Fütterungstechnik:

- (1) Brei-Automat
- (2) Trockenfutter-Automat mit Quertrog (offen)
- (3) Flüssigfütterung
- (4) Trogfütterung per Hand

Tier / Fressplatz-Verhältnis

_____ : _____

Tier / Tränke-Verhältnis

_____ : _____

Zuluft im Jungsauenstall

- (1) Ganglüftung
- (2) Rieseldecke
- (3) Zuluftklappen
- (4) Frei / offen
- (5) Mix

Abluft im Jungsauenstall

- (1) Deckenventilator
- (2) Unterflur
- (3) Frei / offen
- (4) Mix

Güllelagerung

- (1) direkt unter den Tieren
- (2) außerhalb des Stalles

XIV. Haltung Jungeber

Alter der aktuellen Stalleinrichtung

_____ Jahre

_____ Tiere / Bucht

_____ m² / Bucht

_____ Tiere / Abteil

_____ m² / Abteil

_____ Buchten / Abteil

_____ m³ / Abteil

Boden im Jungeberstall

- (1) Teilspalten
- (2) Vollspalten
- (3) Vollspalten mit reduziertem Schlitzanteil
- (4) Tiefstreu
- (5) Mix

Trennwände zwischen den Buchten

- (1) geschlossen
- (2) offen

Fütterungstechnik:

- (1) Brei-Automat
- (2) Trockenfutter-Automat mit Quertrog (offen)
- (3) Flüssigfütterung
- (4) Trogfütterung per Hand

Tier / Fressplatz-Verhältnis

_____ : _____

Tier / Tränke-Verhältnis

_____ : _____

Zuluft im Jungeberstall

- (1) Ganglüftung
- (2) Rieseldecke
- (3) Zuluftklappen
- (4) Mix

Abluft im Jungeberstall

(1) Deckenventilator

(2) Unterflur

(3) Mix

Güllelagerung

(1) direkt unter den Tieren

(2) außerhalb des Stalles

XV. Untersuchung von Saugferkeln (Mindestalter 18 Tage):

20 Proben aus mind. 10 Würfen

- 1) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 2) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 3) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 4) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W

- 5) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 6) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 7) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 8) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 9) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W
- 10) Wurfzahl der Sau _____
Wurfgröße (lebend geborene) _____
Alter der Ferkel _____ Tage
P-Nr. _____ M W
P-Nr. _____ M W

Anhang 2

Parameter Significance Tests Section (Reference Group: M_10BSTAT = 0)

NICHT aufgeführte Klasse ist Baseline für OR	Wald	Odds		
Parameter	Prob	Ratio	Frequency	Remarks
	Level	Exp(B)	%	
B0: Intercept	0,0083	0,5536	69,6	geringe Frequenzen in einer Gruppe
B1: (A1_TYP=2)	0,9721	0,9853	27,2	Gruppengrösse kritisch (Typ 3)
B2: (A1_TYP=3)	0,1508	5,4194	3,2	
Korrelation (Spearman >0.7) mit den				
B0: Intercept	0,0011	0,4423	60,0	
B1: (A3_SGcalc2=2)	0,0763	2,0456	32,0	
B2: (A3_SGcalc2=3)	0,5535	1,5073	8,0	
Korrelation (Spearman >0.7) s.o.				
B0: Intercept	0,0994	0,3333	9,6	
B1: (A3_AG2=3)	0,6787	1,3500	46,6	
B2: (A3_AG2=4)	0,2029	2,5000	44,0	
B0: Intercept	0,4931	0,7273		
B1: (B1_GGEB2=1)	0,6019	0,6875		
B2: (B1_GGEB2=2)	0,7693	0,8547		
B3: (B1_GGEB2=3)	0,4825	0,6548		
B0: Intercept	0,0002	0,3469	52,8	
B1: (C1_AFRHY2=2)	0,0075	2,7863	47,2	
B0: Intercept	0,0005	0,4407	68,0	
B1: (C2_AFRRV2=2)	0,0377	2,2692	32,0	
B0: Intercept	0,0458	0,6136		
B1: (C3_AFZWA=1)	0,7441	0,8847		
B0: Intercept	1,0000	1,0000	19,2	
B1: (C4_AFLEER2=2)	0,4750	0,7059	46,4	
B2: (C4_AFLEER2=3)	0,0285	0,3030	34,4	
B0: Intercept	0,0467	0,4500		
B1: (C6_AFDES2=2)	0,4636	1,3936		
B0: Intercept	0,0267	0,5405		
B1: (C7_AFWASCH2=2)	0,6902	1,1840		
B2: (C7_AFWASCH2=3)	0,8618	1,0882		
B0: Intercept	0,0034	0,5571		
B1: (C8_AFGEBH=2)	0,5383	1,3960		
B0: Intercept	0,1229	0,5294		
B1: (C9_AFKAST2=2)	0,9464	0,9675		
B2: (C9_AFKAST2=3)	0,4915	1,4392		
B0: Intercept	0,0650	0,6786	75,2	
B1: (C10_AFSCHK2=2)	0,1473	0,5126	24,8	

B0: Intercept	0,2304	0,6923	
B1: (C11_AFZK2=2)	0,4831	0,7631	
B0: Intercept	0,0317	0,2500	12,0
B1: (C12_AFOM2=2)	0,3293	2,0000	40,8
B2: (C12_AFOM2=3)	0,0995	3,1515	47,2
B0: Intercept	0,0074	0,5714	
B1: (C13_AFE1_2=2)	0,8435	1,0938	
B0: Intercept	0,0685	0,6522	
B1: (C13_AFE2_2=2)	0,4407	0,7434	
B0: Intercept	0,0014	0,2083	23,2
B1: (C14_AFVMHYO2=1)	0,0208	3,6364	46,4
B2: (C14_AFVMHYO2=2)	0,0345	3,4909	30,4
B0: Intercept	0,0003	0,4462	75,2
B1: (C15_AFVPRRSV2=1)	0,0183	2,7217	24,8
B0: Intercept	0,0382	0,5172	
B1: (C16_AFESONST2=1)	0,6436	1,1987	
B0: Intercept	0,6381	0,8000	
B1: (C17_AFABEH=1)	0,4689	0,6884	
B0: Intercept	0,5299	0,6667	
B1: (C18_AFABSETZ2=2)	0,7906	0,8357	
B2: (C18_AFABSETZ2=3)	0,6969	1,5000	
B0: Intercept	0,0825	0,4286	
B1: (D1_ASVPRRSV2=2)	0,4930	1,4359	
B0: Intercept	0,0032	0,5507	
B1: (D2_ASVPCV2=1)	0,4689	1,4526	
B0: Intercept	0,0053	0,5921	
B1: (D3_ASVRA=1)	0,6234	0,5630	
B0: Intercept	0,3032	0,7647	48,0
B1: (D4_ASVSIV=1)	0,1471	0,5812	52,0
B0: Intercept	0,3499	0,6364	
B1: (E1_FDABT2=2)	0,8328	0,8941	
B2: (E1_FDABT2=3)	0,9337	0,9429	
B0: Intercept	0,0197	0,6250	
B1: (E4_FDRRV2=2)	0,3939	0,6400	
B0: Intercept	0,0197	0,6250	
B1: (E7_FDDES2=2)	0,3939	0,6400	
B0: Intercept	0,0200	0,4167	27,2
B1: (E8_FDWIRK2=1)	0,7147	1,2000	33,6
B2: (E8_FDWIRK2=2)	0,1566	1,9556	39,2

B0: Intercept	0,0434	0,6250		
B1: (F1_MARRV2=2)	0,3889	0,5818		
B0: Intercept	0,2920	0,5556		
B1: (G1_JSHER=2)	0,9288	1,0543		
B0: Intercept	0,3270	2,0000		geringe Frequenzen in einer Gruppe
B1:				Gruppengröße kritisch
(G8_JSISOJANEIN2=1)	0,0688	0,2632	92,3	(Isojanein=0)
B0: Intercept	0,4692	0,7000		
B1:				
(G8_JSISODAUER2=1)	0,4851	0,6349		
B2:				
(G8_JSISODAUER2=2)	0,7791	0,8571		
B3:				
(G8_JSISODAUER2=3)	0,9521	0,9524		
B0: Intercept	0,0168	0,5250	55,0	
B1: (G8_JSISOKON2=1)	0,1850	1,7927	30,3	
B2: (G8_JSISOKON2=2)	0,2888	0,4762	13,7	
B0: Intercept	0,0017	0,4915		
B1: (G9_JSVMHYO2=1)	0,2207	1,7438		
B2: (G9_JSVMHYO2=2)	0,4142	1,6954		
B0: Intercept	0,0000	0,3167	63,0	
B1: (G11_JSVPCV2=1)	0,0002	4,4875	36,0	
B0: Intercept	0,0053	0,5921		
B1: (G12_JSVRA=1)	0,6234	0,5630		
B0: Intercept	0,2504	0,7143		
B1: (G13_JSVPIV=1)	0,3738	0,7137		
B0: Intercept	0,0078	0,5882		
B1: (G14_JSVAPP=1)	0,8899	0,9273		
B0: Intercept	0,0197	0,6250		
B1: (G15_JSWIRK2=1)	0,3939	0,6400		
B0: Intercept	0,0372	0,5854		
B1: (H1_JEHER=2)	0,9763	0,9890		
B0: Intercept	0,0105	0,5763		
B1: (H2_JEANZZ2=1)	0,9242	1,0412		
B0: Intercept	0,0105	0,5763		
B1: (H3_JEANZT2=1)	0,9242	1,0412		
B0: Intercept	0,0005	0,4861	86,0	
B1: (H7_JEVMHYO2=1)	0,0256	3,2327	14,0	
B0: Intercept	0,0056	0,4634		
B1: (H8_JEVPRRSV2=1)	0,3008	1,4765		
B0: Intercept	0,0000	0,4110	82,4	
B1: (H9_JEVPCV2=1)	0,0004	6,4889	17,6	
B0: Intercept	0,0069	0,5370		
B1: (H11_JEVPIV=1)	0,5447	1,2662		

B0: Intercept	0,0065	0,5857	
B1: (H12_JEVAPP=1)	0,9288	0,9485	
B0: Intercept	0,0511	0,5357	
B1: (J9_JSBO2=2)	0,8290	1,0927	
B0: Intercept	0,0127	0,5122	
B1: (J10_JSTRENNW2=2)	0,5739	1,2551	
B0: Intercept	0,0653	0,6250	
B1: (J11_JSFUTT2=2)	0,5322	0,7724	
B0: Intercept	0,0340	0,3889	
B1: (J14_JSZUL2=2)	0,3380	1,6135	
B0: Intercept	0,0263	0,5152	
B1: (J15_JSABLU2=2)	0,6716	1,1863	
B0: Intercept	0,1220	0,5714	
B1: (O4_AFBOBUCHTB=2)	0,9517	1,0259	
B0: Intercept	0,6125	0,8421	28,0
B1: (O5_AFBONESTB=2)	0,1996	0,5938	72,0
B0: Intercept	0,0108	0,5490	
B1: (O6_AFHEIZB=2)	0,6803	1,1709	
B0: Intercept	0,0009	0,3659	45,0
B1: (O7_AFZULUFTB=2)	0,0382	2,2298	55,0
B0: Intercept	0,0011	0,5073	83,0
B1: (O8_AFABLUFTB=2)	0,1095	2,1686	17,0

Anhang 3

Parameter Significance Tests Section (Reference Group: M_10BSTAT = 0)

Parameter	Wald Prob Level	Odds Ratio Exp(B)	Remarks
B0: Intercept	0,08291	0,47121	
B1: A4_SW0_Verh	0,58715	4,57773	
B0: Intercept	0,77632	0,73976	
B1: Ratio	0,81893	0,92504	
B0: Intercept	0,00702	0,3028	
B1: E2_FDMAX2	0,13023	1,00319	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,00112	0,30375	
B1: E2_FDMIN2	0,05355	1,00481	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,00698	0,37837	
B1: E3_FDGESAMT	0,15743	1,00039	ansteigender Trend in OR -> als Intervall oder Klassen eingeben
B0: Intercept	0,0381	0,51469	
B1: E5_FDLEER	0,63384	1,03443	
B0: Intercept	0,01475	0,55178	
B1: E8_FDDAUER2	0,67022	1,01047	
B0: Intercept	0,91003	1,1156	
B1: G2_JSREMONR	0,49521	0,9847	
B0: Intercept	0,00105	0,19394	
B1: G3_JSANZZ	0,01541	1,2008	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,0009	0,33329	
B1: G4_JSMINZ	0,03876	1,03457	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,00125	0,32827	
B1: G4_JSMAXZ	0,0453	1,0329	ansteigender Trend in OR -> als Intervall oder Klassen eingeben
B0: Intercept	0,00009	0,24744	
B1: G5_JSANZT	0,00496	1,00845	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,04802	0,22402	
B1: G6_JSALTZ	0,18544	1,00584	ansteigender Trend in OR -> als Intervall oder Klassen eingeben

B0: Intercept	0,8855	1,07856	
B1: I1_AFANZABT	0,21568	0,91133	
B0: Intercept	0,10036	0,51002	
B1: I2_AFANZPL	0,71588	1,00202	
B0: Intercept	0,77724	0,81757	
B1: N1_SFUWZMW	0,62262	0,9197	
B0: Intercept	0,19201	0,08586	
B1: N2_SFULGEBMW	0,30552	1,16163	
B0: Intercept	0,08448	0,49895	
B1: O1_AFSTALLALTMAX	0,66423	1,0111	
B0: Intercept	0,00037	0,27319	
B1: O2_AFPLABTMAX	0,01598	1,05562	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,01172	0,45017	
B1: O3_AFVARIAMAX	0,31047	1,03311	
B0: Intercept	0,01627	0,49355	
B1: J1_JSSTALLALT2	0,52259	1,01264	
B0: Intercept	0,0009	0,30086	
B1: J3_JSABT2	0,03437	1,28954	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,16799	0,63043	
B1: J4_JSTPB2	0,68683	0,99025	
B0: Intercept	0,00817	0,39088	
B1: J5_JSTPA2	0,20777	1,01885	
B0: Intercept	0,02947	0,51457	
B1: J6_JSQMB2	0,68085	1,00373	
B0: Intercept	0,0005	0,22029	
B1: J7_JSQMA2	0,01301	1,01815	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,2182	0,70712	
B1: J8_JSKMA2	0,27235	0,99943	
B0: Intercept	0,00221	0,43566	
B1: J12_JSPRESSP2	0,15112	1,05262	kein klarer linearer Trend in odds -> Klassen bilden
B0: Intercept	0,01096	0,4768	
B1: J13_JSSAUF2	0,41555	1,03021	

Anhang 4

Parameter Significance Tests Section (Reference Group: M_10BSTAT = 0)

Parameter	Level	Wald Prob	Odds Ratio Exp(B)	remarks
B0: Intercept	26	0,023	0,44	
B1: (E2_FDMAX2x=2)	99	0,862	1,090	Kein linearer Trend in OR, Kat 2+3 nicht unterschiedlich von 1 nicht als Intervall-Variable eingeben
B2: (E2_FDMAX2x=3)	75	0,937	1,048	ggf. als kategorische Variable mit nur 2 Klassen (1-3 vs. 4)
B3: (E2_FDMAX2x=4)	09	0,147	2,121	
<hr/>				
B0: Intercept	86	0,005	0,304	
Baseline = 1 Quartil				
B1: (E2_FDMIN2x=2)	73	0,114	2,327	Kein linearer Trend in OR, insbes. Kat 2 + 4 aber deutlich höhere OR als 1 nicht als Intervall-Variable eingeben
B2: (E2_FDMIN2x=3)	13	0,673	1,314	ggf. als kategorische Variable mit nur 2 Klassen (1 vs 2-4)
B3: (E2_FDMIN2x=4)	35	0,085	2,669	
<hr/>				
B0: Intercept	03	0,005	0,32	Korrelation (Spearman >0.7) mit den Variablen A3_AG2 und A3_Sgcalc2
Baseline = 1 Quartil				
B1: (E3_FDGESAMTx=2)	71	0,462	1,494	ansteigender Trend in OR
B2: (E3_FDGESAMTx=3)	69	0,284	1,838	Option: als Intervall-Variable eingeben Alternative: 2 Klassen (1+2 vs 3+4) oder 3 Klassen (1+2, 3, 4)
B3: (E3_FDGESAMTx=4)	12	0,014	3,794	
<hr/>				
B0: Intercept	78	0,001	0,285	Korrelation (Spearman >0.7) mit den Variablen G4_JSMINZx und G4_JSMAZXx
Baseline = 1 Quartil				
B1: (G3_JSANZZx=2)	65	0,071	2,462	Kein linearer Trend in OR, insbes. Kat 2 + 4 aber deutlich höhere OR als 1

B2: (G3_JSANZZx=3)	0,267 84	1,833 33	nicht als Intervall-Variable eingeben ggf. als kategorische Variable mit 3 Klassen (1, 2+3 und 4)
B3: (G3_JSANZZx=4)	0,004 53	9,333 33	
B0: Intercept Baseline = 1 Quartil	0,001 37	0,342 86	Korrelation (Spearman >0.7) S.O.
B1: (G4_JSMINZx=2)	0,360 73	1,701 39	Kein klarer linearer Trend in OR, insbes. 4 aber deutlich höhere OR als 1 nicht als Intervall-Variable eingeben
B2: (G4_JSMINZx=3)	0,448 92	1,458 33	ggf. als kategorische Variable mit 3 Klassen (1, 2+3 und 4) oder 2 Klassen (1-3 vs 4)
B3: (G4_JSMINZx=4)	0,003 27	4,666 66	
B0: Intercept Baseline = 1 Quartil	0,010 23	0,384 62	Korrelation (Spearman >0.7) S.O.
B1: (G4_JSMAZX=2)	0,774 23	1,17	sichtbarer ansteigender Trend in OR Option: als Intervall-Variable eingeben
B2: (G4_JSMAZX=3)	0,441 22	1,505 26	
B3: (G4_JSMAZX=4)	0,036 92	2,971 43	
B0: Intercept Baseline = 1 Quartil	0,002 51	0,296 3	
B1: (G5_JSANZTx=2)	0,605 21	1,349 99	Kein klarer linearer Trend in OR, insbes. 4 aber deutlich höhere OR als 1 nicht als Intervall-Variable eingeben
B2: (G5_JSANZTx=3)	0,536 16	1,406 24	ggf. als kategorische Variable mit 3 Klassen (1, 2+3 und 4) oder 2 Klassen (1-3 vs 4)
B3: (G5_JSANZTx=4)	0,000 24	8,437 46	
B0: Intercept Baseline = 1 Quartil	0,020 02	0,416 67	
B1: (G6_JSALTZx=2)	0,543 05	1,326 32	sichtbarer ansteigender Trend in OR Option: als Intervall-Variable eingeben
B2: (G6_JSALTZx=3)	0,489 99	1,8	

	0,147	2,215	
B3: (G6_JSALTZx=4)	73	38	
	0,003	0,354	
B0: Intercept	15	84	
Baseline = 1 Quartil			
	0,217	1,878	Kein klarer linearer Trend in OR, insbes. 4 aber deutlich höhere OR als 1
B1: (J3_JSABT2x=2)	99	79	nicht als Intervall-Variable eingeben
	0,282	2,254	
B2: (J3_JSABT2x=3)	91	54	ggf. als kategorische Variable mit 2 Klassen (1 vs 2-4)
	0,119	2,254	
B3: (J3_JSABT2x=4)	85	54	
	0,001	0,173	
B0: Intercept	24	91	
Baseline = 1 Quartil			
		1,642	Kein klarer linearer Trend in OR, insbes. 3+ 4 aber deutlich höhere OR als 1
B1: (J7_JSQMA2x=2)	0,486	86	nicht als Intervall-Variable eingeben
	0,003	7,187	
B2: (J7_JSQMA2x=3)	06	5	ggf. als kategorische Variable mit 2 Klassen (1+2 vs 3+4)
	0,006	6,192	
B3: (J7_JSQMA2x=4)	09	31	
		0,483	
B0: Intercept	0,021	87	
Baseline = 1 Quartil			
B1:	0,829	1,148	
(J12_JSPRESSP2x=2)	19	15	Kein klarer linearer Trend in OR, insbes. 4 aber höhere OR als 1
			nicht als Intervall-Variable eingeben
B2:	0,688	0,803	
(J12_JSPRESSP2x=3)	6	7	ggf. als kategorische Variable mit 2 Klassen (1-3 vs 4)
	0,119	2,254	
B3:	85	55	
(J12_JSPRESSP2x=4)			
	0,000	0,333	
B0: Intercept	98	33	
Baseline = 1 Quartil			
B1:			
(O2_AFPLABTMAXx=2)	0,020	3,666	Kein linearer Trend in OR, insbes. Kat 2 + 4 aber deutlich höhere OR als 1
	24	66	nicht als Intervall-Variable eingeben
B2:			
(O2_AFPLABTMAXx=3)	0,932	0,954	ggf. als kategorische Variable mit 3 Klassen (1, 2+3 und 4)
	25	55	

B3:
(O2_AFPLABTMAXx 0,006 3,999
=4) 24 99

Anhang 5

Spearman Correlations Section (Pair-Wise Deletion)

	M_10BSTAT	A1_TYP	D4_ASVSIV	G11_JSVPCV2	H9_JEVPCV2
M_10BSTAT	1	0,051896	-0,13016	0,34645	0,344298
A1_TYP	0,051896	1	0,084691	0,086589	0,031589
D4_ASVSIV	-0,13016	0,084691	1	0,002656	0,149692
G11_JSVPCV2	0,34645	0,086589	0,002656	1	0,605658
H9_JEVPCV2	0,344298	0,031589	0,149692	0,605658	1
O5_AFBONESTB	-0,11527	-0,02371	0,114123	-0,07833	-0,17966
O7_AFZULUFTB	0,187071	0,009176	-0,18934	0,05364	0,078404
O8_AFABLUFTB	0,145179	-0,04327	0,089087	0,056439	0,017082
A3_SGcalc2	0,144582	0,238469	-0,10756	0,266615	0,243568
A3_AG2	0,162284	0,290472	-0,14755	0,248649	0,291977
B1_GGEB2	-0,04907	-0,1167	0,072361	-0,07324	-0,09493
C1_AFRHY2	0,242174	0,114394	-0,21427	0,076028	0,152164
C2_AFRRV2	0,187764	0,20631	0,006865	-0,13229	-0,09187
C4_AFLEER2	-0,21113	-0,09203	0,185779	-0,09959	-0,10783
C10_AFSCHK2	-0,13091	-0,06724	-0,04153	-0,13091	-0,16812
C12_AFOM2	0,161436	-0,01861	-0,17733	0,089068	0,105744
C14_AFVMHYO2	0,170328	-0,15354	-0,10124	0,055784	0,124333
C15_AFVPRRSV2	0,214803	-0,00416	-0,00445	0,253215	0,123752
E8_FDWIRK2	0,135125	-0,03389	0,077269	0,150057	0,113769
G8_JSISOJANEIN2	-0,1725	0,11822	0,227969	0,148373	0,047462
G8_J SISOKON2	0,003394	-0,01049	-0,06313	0,19136	0,207368
H7_JEVMHYO2	0,20676	0,141783	0,02919	0,254009	0,468624
E2_FDMAX2x	0,121399	0,110069	-0,17867	0,15123	0,075165
E2_FDMIN2x	0,120923	0,01423	-0,06351	0,180007	0,136677
E3_FDGESAMTx	0,224976	0,210787	-0,13071	0,296009	0,313786
G3_JSANZZx	0,204463	0,051057	-0,14081	0,134782	0,05893
G4_JSMINZx	0,241135	0,226924	0,001855	0,287008	0,253966
G4_JSMAXZx	0,189833	0,250886	-0,01537	0,277266	0,24702
G5_JSANZTx	0,321786	0,288223	-0,13765	0,366703	0,230838
G6_JSALTZx	0,132351	-0,06224	-0,1311	0,006667	-0,01751
J3_JSABT2x	0,16197	0,009448	-0,14336	0,16978	0,148021

	M_10BSTAT	A1_TYP	D4_ASVSIV	G11_JSVPCV2	H9_JEVPCV2
J7_JSQMA2x	0,336219	0,036741	-0,23333	0,16855	0,010463
J12_JSPRESSP2x	0,110566	-0,03258	0,296985	0,082897	0,132999
O2_AFPLABTMAXx	0,194341	0,146417	-0,05565	0,16047	0,027379

	O5_AFBONESTB	O7_AFZULUFTB	O8_AFABLUFTB	A3_SGcalc2	A3_AG2
M_10BSTAT	-0,11527	0,187071	0,145179	0,144582	0,162284
A1_TYP	-0,02371	0,009176	-0,04327	0,238469	0,290472
D4_ASVSIV	0,114123	-0,18934	0,089087	-0,10756	-0,14755
G11_JSVPCV2	-0,07833	0,05364	0,056439	0,266615	0,248649
H9_JEVPCV2	-0,17966	0,078404	0,017082	0,243568	0,291977
O5_AFBONESTB	1	-0,09602	0,089596	-0,08691	-0,05637
O7_AFZULUFTB	-0,09602	1	0,275732	0,191668	0,045954
O8_AFABLUFTB	0,089596	0,275732	1	0,046198	0,074598
A3_SGcalc2	-0,08691	0,191668	0,046198	1	0,731958
A3_AG2	-0,05637	0,045954	0,074598	0,731958	1
B1_GGEB2	0,152556	-0,07987	-0,06362	-0,18739	-0,18458
C1_AFRHY2	-0,1599	0,078371	-0,12482	0,090979	0,252264
C2_AFRRV2	-0,03056	-0,14071	-0,03303	-0,06582	-0,03924
C4_AFLEER2	0,029149	-0,06181	0,084787	-0,29473	-0,35297
C10_AFSCHK2	0,193088	-0,07868	-0,01031	-0,05481	0,031011
C12_AFOM2	-0,05979	0,064782	-0,17234	-0,03499	0,00973
C14_AFVMHYO2	-0,15578	0,040394	-0,04605	0,056562	-0,00149
C15_AFVPRRSV2	0,15183	-0,00417	0,088793	-0,04444	-0,07312
E8_FDWIRK2	0,006836	-0,08807	0,106412	0,020475	0,023979
G8_JSISOJANEIN2	-0,10477	-0,06423	0,042384	0,222728	0,196779
G8_JISISOKON2	-0,24209	0,09141	-0,02819	0,029948	0,120525
H7_JEVMHYO2	-0,09947	0,002933	0,120432	0,127542	0,179172
E2_FDMAX2x	-0,1426	0,143605	0,074927	0,429813	0,543861
E2_FDMIN2x	0,023177	0,175847	0,102529	0,32296	0,38448
E3_FDGESAMTx	-0,09849	0,067043	0,08703	0,780604	0,887148
G3_JSANZZx	-0,04144	0,013562	0,046342	0,05575	0,0788
G4_JSMINZx	-0,14188	0,211255	0,024785	0,465771	0,377114
G4_JSMAXZx	-0,20109	0,224418	0,033406	0,44169	0,353855
G5_JSANZTx	-0,15316	0,209732	0,071428	0,51329	0,490681
G6_JSALTZx	-0,03687	0,114223	-0,02867	0,009179	0,013932
J3_JSABT2x	-0,01933	0,176977	-0,0088	0,173021	0,219009
J7_JSQMA2x	-0,13484	0,141397	0,155556	0,383706	0,292986
J12_JSPRESSP2x	0,055094	-0,03996	0,138719	0,149745	0,034642
O2_AFPLABTMAXx	-0,15584	0,247874	0,033156	0,411591	0,245626

	B1_GGEB2	C1_AFRHY2	C2_AFRRV2	C4_AFLEER2	C10_AFSCHK2
M_10BSTAT	-0,04907	0,242174	0,187764	-0,21113	-0,13091
A1_TYP	-0,1167	0,114394	0,20631	-0,09203	-0,06724
D4_ASVSIV	0,072361	-0,21427	0,006865	0,185779	-0,04153
G11_JSVPCV2	-0,07324	0,076028	-0,13229	-0,09959	-0,13091
H9_JEVPCV2	-0,09493	0,152164	-0,09187	-0,10783	-0,16812
O5_AFBONESTB	0,152556	-0,1599	-0,03056	0,029149	0,193088
O7_AFZULUFTB	-0,07987	0,078371	-0,14071	-0,06181	-0,07868
O8_AFABLUFTB	-0,06362	-0,12482	-0,03303	0,084787	-0,01031
A3_SGcalc2	-0,18739	0,090979	-0,06582	-0,29473	-0,05481
A3_AG2	-0,18458	0,252264	-0,03924	-0,35297	0,031011
B1_GGEB2	1	-0,16151	-0,11039	-0,10649	-0,07242
C1_AFRHY2	-0,16151	1	0,175891	-0,41514	-0,09767
C2_AFRRV2	-0,11039	0,175891	1	-0,12072	-0,07625
C4_AFLEER2	-0,10649	-0,41514	-0,12072	1	0,138185
C10_AFSCHK2	-0,07242	-0,09767	-0,07625	0,138185	1
C12_AFOM2	0,04693	0,118309	0,028776	-0,08115	0,049732
C14_AFVMHYO2	0,095887	0,103468	-0,20762	-0,01723	-0,03073
C15_AFPVRRSV2	-0,08674	-0,06056	-0,03654	0,104821	-0,11531
E8_FDWIRK2	-0,17632	-0,05226	-0,06023	0,163718	-0,04456
G8_JSISOJANEIN2	-0,21347	-0,04662	-0,07431	0,099871	0,088293
G8_J SISOKON2	-0,06942	0,06294	-0,06002	-0,05253	-0,1167
H7_JEVMHYO2	0,047759	0,068649	0,011723	-0,08447	-0,18277
E2_FDMAX2x	-0,15485	0,16406	0,036272	-0,21799	-0,00256
E2_FDMIN2x	-0,02374	0,145602	-0,005	-0,21197	-0,02703
E3_FDGESAMTx	-0,17423	0,204484	-0,06533	-0,25223	-0,05969
G3_JSANZZx	0,026487	-0,04379	0,061321	-0,02556	-0,12278
G4_JSMINZx	-0,12551	0,095127	-0,11447	-0,20974	-0,02199
G4_JSMAZXx	-0,11856	0,147352	-0,09236	-0,24984	-0,08756
G5_JSANZTx	-0,16138	0,086783	-0,02408	-0,23066	-0,09315
G6_JSALTZx	0,098844	0,041267	-0,09573	-0,07464	-0,04219
J3_JSABT2x	-0,01272	0,020678	-0,02035	-0,09284	0,056281
J7_JSQMA2x	-0,01025	0,049827	-0,00899	-0,15844	-0,06694
J12_JSPRESSP2x	0,090713	0,008169	0,095905	-0,06142	-0,01954
O2_AFPLABTMAXx	-0,00783	-0,03945	0,049671	-0,17223	0,002414

	C12_AFOM2	C14_AFVMHYO2	C15_AFVPRRSV2	E8_FDWIRK2	G8_JSISOJANEIN2
M_10BSTAT	0,161436	0,170328	0,214803	0,135125	-0,1725
A1_TYP	-0,01861	-0,15354	-0,00416	-0,03389	0,11822
D4_ASVSIV	-0,17733	-0,10124	-0,00445	0,077269	0,227969
G11_JSVPCV2	0,089068	0,055784	0,253215	0,150057	0,148373
H9_JEVPCV2	0,105744	0,124333	0,123752	0,113769	0,047462
O5_AFBONESTB	-0,05979	-0,15578	0,15183	0,006836	-0,10477
O7_AFZULUFTB	0,064782	0,040394	-0,00417	-0,08807	-0,06423
O8_AFABLUFTB	-0,17234	-0,04605	0,088793	0,106412	0,042384
A3_SGcalc2	-0,03499	0,056562	-0,04444	0,020475	0,222728
A3_AG2	0,00973	-0,00149	-0,07312	0,023979	0,196779
B1_GGEB2	0,04693	0,095887	-0,08674	-0,17632	-0,21347
C1_AFRHY2	0,118309	0,103468	-0,06056	-0,05226	-0,04662
C2_AFRRV2	0,028776	-0,20762	-0,03654	-0,06023	-0,07431
C4_AFLEER2	-0,08115	-0,01723	0,104821	0,163718	0,099871
C10_AFSCHK2	0,049732	-0,03073	-0,11531	-0,04456	0,088293
C12_AFOM2	1	0,094733	-0,04352	-0,03486	-0,0727
C14_AFVMHYO2	0,094733	1	-0,07642	0,04441	-0,05967
C15_AFVPRRSV2	-0,04352	-0,07642	1	0,096498	0,016627
E8_FDWIRK2	-0,03486	0,04441	0,096498	1	0,263064
G8_JSISOJANEIN2	-0,0727	-0,05967	0,016627	0,263064	1
G8_J SISOKON2	0,179212	0,104606	0,027633	-0,03333	0,082348
H7_JEVMHYO2	0,038233	0,111363	-0,02448	0,026227	0,026093
E2_FDMAX2x	-0,06826	-0,01697	-0,01849	-0,04395	0,136445
E2_FDMIN2x	-0,1599	-0,01376	-0,00655	0,061556	0,098409
E3_FDGESAMTx	-0,04598	0,059369	-0,00955	0,040828	0,250868
G3_JSANZZx	0,09525	-0,00434	-0,00296	0,058654	-0,00315
G4_JSMINZx	0,079604	0,034116	0,045059	0,03476	0,182374
G4_JSMAZXx	0,062636	0,037966	-0,00478	-0,03083	0,053192
G5_JSANZTx	0,014385	-0,0132	-0,02707	0,090603	0,192434
G6_JSALTZx	0,018062	0,119665	-0,06039	0,077488	0,029945
J3_JSABT2x	0,184735	0,043658	0,10962	-0,03978	0
J7_JSQMA2x	-0,02392	0,087442	0,019371	0,011964	0
J12_JSPRESSP2x	-0,01121	0,026725	0,033711	0,053637	0
O2_AFPLABTMAXx	-0,08969	-0,04966	-0,09684	-0,05924	0,027788

	G8_J SISOKON2	H7_JEVMHYO2	E2_FD MAX2x	E2_FD MIN2x	E3_FD GESAMTx
M_10BSTAT	0,003394	0,20676	0,121399	0,120923	0,224976
A1_TYP	-0,01049	0,141783	0,110069	0,01423	0,210787
D4_ASVSIV	-0,06313	0,02919	-0,17867	-0,06351	-0,13071
G11_JSVPCV2	0,19136	0,254009	0,15123	0,180007	0,296009
H9_JEVPCV2	0,207368	0,468624	0,075165	0,136677	0,313786
O5_AFBONESTB	-0,24209	-0,09947	-0,1426	0,023177	-0,09849
O7_AFZULUFTB	0,09141	0,002933	0,143605	0,175847	0,067043
O8_AFABLUFTB	-0,02819	0,120432	0,074927	0,102529	0,08703
A3_SGcalc2	0,029948	0,127542	0,429813	0,32296	0,780604
A3_AG2	0,120525	0,179172	0,543861	0,38448	0,887148
B1_GGEB2	-0,06942	0,047759	-0,15485	-0,02374	-0,17423
C1_AFRHY2	0,06294	0,068649	0,16406	0,145602	0,204484
C2_AFRRV2	-0,06002	0,011723	0,036272	-0,005	-0,06533
C4_AFLEER2	-0,05253	-0,08447	-0,21799	-0,21197	-0,25223
C10_AFSCHK2	-0,1167	-0,18277	-0,00256	-0,02703	-0,05969
C12_AFOM2	0,179212	0,038233	-0,06826	-0,1599	-0,04598
C14_AFVMHYO2	0,104606	0,111363	-0,01697	-0,01376	0,059369
C15_AFVPRRSV2	0,027633	-0,02448	-0,01849	-0,00655	-0,00955
E8_FD WIRK2	-0,03333	0,026227	-0,04395	0,061556	0,040828
G8_J SISOJANEIN2	0,082348	0,026093	0,136445	0,098409	0,250868
G8_J SISOKON2	1	0,036975	0,229074	0,199235	0,060872
H7_JEVMHYO2	0,036975	1	0,009666	0,059739	0,17491
E2_FD MAX2x	0,229074	0,009666	1	0,391747	0,515237
E2_FD MIN2x	0,199235	0,059739	0,391747	1	0,382279
E3_FD GESAMTx	0,060872	0,17491	0,515237	0,382279	1
G3_J SANZZx	-0,04846	0,046036	0,100546	-0,07213	0,032581
G4_J SMINZx	0,070732	0,108209	0,330276	0,305988	0,450102
G4_J SMAXZx	0,138232	0,122709	0,297115	0,319595	0,390604
G5_J SANZTx	0,035378	0,123397	0,426964	0,286467	0,526133
G6_J SALTZx	0,118023	-0,09565	0,045253	0,101611	-0,02188
J3_J SABT2x	0,186083	-0,04749	0,146329	0,118836	0,206855
J7_J SQMA2x	0,120929	0	0,365508	0,259511	0,338892
J12_J SPRESSP2x	-0,04796	0,085111	0,087693	0,152885	0,135463
O2_AFPLABTMAXx	0,046177	0,108892	0,372086	0,322598	0,265597

	G3_JSANZZx	G4_JSMINZx	G4_JSMAZXx	G5_JSANZTx	G6_JSALTZx
M_10BSTAT	0,204463	0,241135	0,189833	0,321786	0,132351
A1_TYP	0,051057	0,226924	0,250886	0,288223	-0,06224
D4_ASVSIV	-0,14081	0,001855	-0,01537	-0,13765	-0,1311
G11_JSVPCV2	0,134782	0,287008	0,277266	0,366703	0,006667
H9_JEVPCV2	0,05893	0,253966	0,24702	0,230838	-0,01751
O5_AFBONESTB	-0,04144	-0,14188	-0,20109	-0,15316	-0,03687
O7_AFZULUFTB	0,013562	0,211255	0,224418	0,209732	0,114223
O8_AFABLUFTB	0,046342	0,024785	0,033406	0,071428	-0,02867
A3_SGcalc2	0,05575	0,465771	0,44169	0,51329	0,009179
A3_AG2	0,0788	0,377114	0,353855	0,490681	0,013932
B1_GGEB2	0,026487	-0,12551	-0,11856	-0,16138	0,098844
C1_AFRHY2	-0,04379	0,095127	0,147352	0,086783	0,041267
C2_AFRRV2	0,061321	-0,11447	-0,09236	-0,02408	-0,09573
C4_AFLEER2	-0,02556	-0,20974	-0,24984	-0,23066	-0,07464
C10_AFSCHK2	-0,12278	-0,02199	-0,08756	-0,09315	-0,04219
C12_AFOM2	0,09525	0,079604	0,062636	0,014385	0,018062
C14_AFVMHYO2	-0,00434	0,034116	0,037966	-0,0132	0,119665
C15_AFVPRRSV2	-0,00296	0,045059	-0,00478	-0,02707	-0,06039
E8_FDWIRK2	0,058654	0,03476	-0,03083	0,090603	0,077488
G8_JSISOJANEIN2	-0,00315	0,182374	0,053192	0,192434	0,029945
G8_J SISOKON2	-0,04846	0,070732	0,138232	0,035378	0,118023
H7_JEVMHYO2	0,046036	0,108209	0,122709	0,123397	-0,09565
E2_FDMAX2x	0,100546	0,330276	0,297115	0,426964	0,045253
E2_FDMIN2x	-0,07213	0,305988	0,319595	0,286467	0,101611
E3_FDGESAMTx	0,032581	0,450102	0,390604	0,526133	-0,02188
G3_JSANZZx	1	-0,09677	-0,08951	0,407321	0,333981
G4_JSMINZx	-0,09677	1	0,885382	0,727929	0,007464
G4_JSMAZXx	-0,08951	0,885382	1	0,710184	0,047716
G5_JSANZTx	0,407321	0,727929	0,710184	1	0,167839
G6_JSALTZx	0,333981	0,007464	0,047716	0,167839	1
J3_JSABT2x	0	0,280374	0,296155	0,243545	0,003999
J7_JSQMA2x	0,14407	0,39208	0,366677	0,401265	0,104114
J12_JSPRESSP2x	-0,07789	0,16126	0,150238	0,111454	-0,21525
O2_AFPLABTMAXx	0,084768	0,362839	0,361425	0,460994	0,007039

	J3_JSABT2x	J7_JSQMA2x	J12_JSPRESSP2x	O2_AFPLABTMAXx
M_10BSTAT	0,16197	0,336219	0,110566	0,194341
A1_TYP	0,009448	0,036741	-0,03258	0,146417
D4_ASVSIV	-0,14336	-0,23333	0,296985	-0,05565
G11_JSVPCV2	0,16978	0,16855	0,082897	0,16047
H9_JEVPCV2	0,148021	0,010463	0,132999	0,027379
O5_AFBONESTB	-0,01933	-0,13484	0,055094	-0,15584
O7_AFZULUFTB	0,176977	0,141397	-0,03996	0,247874
O8_AFABLUFTB	-0,0088	0,155556	0,138719	0,033156
A3_SGcalc2	0,173021	0,383706	0,149745	0,411591
A3_AG2	0,219009	0,292986	0,034642	0,245626
B1_GGEB2	-0,01272	-0,01025	0,090713	-0,00783
C1_AFRHY2	0,020678	0,049827	0,008169	-0,03945
C2_AFRRV2	-0,02035	-0,00899	0,095905	0,049671
C4_AFLEER2	-0,09284	-0,15844	-0,06142	-0,17223
C10_AFSCHK2	0,056281	-0,06694	-0,01954	0,002414
C12_AFOM2	0,184735	-0,02392	-0,01121	-0,08969
C14_AFMHYO2	0,043658	0,087442	0,026725	-0,04966
C15_AFVPRRSV2	0,10962	0,019371	0,033711	-0,09684
E8_FDWIRK2	-0,03978	0,011964	0,053637	-0,05924
G8_JSISOJANEIN2	0	0	0	0,027788
G8_J SISOKON2	0,186083	0,120929	-0,04796	0,046177
H7_JEVMHYO2	-0,04749	0	0,085111	0,108892
E2_FDMAX2x	0,146329	0,365508	0,087693	0,372086
E2_FDMIN2x	0,118836	0,259511	0,152885	0,322598
E3_FDGESAMTx	0,206855	0,338892	0,135463	0,265597
G3_JSANZZx	0	0,14407	-0,07789	0,084768
G4_JSMINZx	0,280374	0,39208	0,16126	0,362839
G4_JSMAXZx	0,296155	0,366677	0,150238	0,361425
G5_JSANZTx	0,243545	0,401265	0,111454	0,460994
G6_JSALTZx	0,003999	0,104114	-0,21525	0,007039
J3_JSABT2x	1	0,228874	-0,2754	0,076105
J7_JSQMA2x	0,228874	1	-0,16394	0,287469
J12_JSPRESSP2x	-0,2754	-0,16394	1	0,115412
O2_AFPLABTMAXx	0,076105	0,287469	0,115412	1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile <i>M. hyopneumoniae</i> -PCR positiver und negativer Saugferkel..	54
Abbildung 2: Anteile <i>M. hyopneumoniae</i> -PCR positiver und negativer Saugferkelbestände.....	55
Abbildung 3: Nachweishäufigkeit von <i>M. hyopneumoniae</i> mittels PCR an Nasentupfern von jeweils 20 Saugferkeln pro Bestand (n = 125).....	56
Abbildung 4: Nachweishäufigkeit von <i>M. hyopneumoniae</i> mittels PCR an von sich selbst entnommenen Nasentupfern von 108 Landwirten.....	57
Abbildung 5: Genetik der Sauen.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zyklusparameter.....	45
Tabelle 2: Interpretation der <i>real-time</i> PCR.....	46
Tabelle 3: Allgemeine Angaben zu den Beständen	59
Tabelle 4: Mittlere Altersstruktur der Sauenherde.....	61
Tabelle 5: Managementmerkmale.....	64
Tabelle 6: Haltungparameter.....	72
Tabelle 7: Impfungen	77
Tabelle 8: Regelmäßige Behandlungen.....	87
Tabelle 9: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung verschiedener allgemeiner Herden- und Managementparameter auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> beim Saugferkel	93
Tabelle 10: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Hygienemaßnahmen auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> beim Saugferkel.....	94
Tabelle 11: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Haltung der Saugferkel auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln	95
Tabelle 12: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Behandlungen der Saugferkel auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln	97
Tabelle 13: Univariate Betrachtung zur Untersuchung des Einflusses von der Art des bei den Ferkeln eingesetzten Impfstoffes gegen <i>M. hyopneumoniae</i> (one- vs. two-shot-Vakzine) auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln.....	98
Tabelle 14: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Haltung von Aufzuchtferkeln auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln	99
Tabelle 15: Multivariablen Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Managementfaktoren bei der Jungsaueneingliederung auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln	100

Tabelle 16: Multivariables Regressionsmodell zur Untersuchung des Einflusses der Behandlungen von Remonten auf das Vorkommen von <i>M. hyopneumoniae</i> bei Saugferkeln	101
Tabelle 17: Nachweis (n-PCR) von <i>M. hyopneumoniae</i> aus Nasentupfern von Saug- und Absetzferkeln	106

Danksagung

Frau Prof. Dr. E. große Beilage danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung und Betreuung.

Herrn Dr. Heiko Nathues, PhD danke ich für die konstruktive Kritik, die ständige Hilfsbereitschaft bei der Anfertigung und für Spaß *an* der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. M. Doherr und Frau Dr. A. Fahrion von der Vetsuisse Fakultät, Universität Bern danke ich für die großartige und zeitnahe Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Besonders herzlich möchte ich mich bei allen beteiligten Ringberatern und Landwirten für ihre tatkräftige Unterstützung bedanken, durch sie wurde diese Arbeit erst möglich.

Dem gesamten Team der Außenstelle danke ich für die herzliche Aufnahme, viele schöne gemeinsame Stunden und Spaß *bei* der Arbeit.

Mechthild Sieve und Mechthild Busemann danke ich ganz herzlich für Ihre Unterstützung im Labor, wenn es mal wieder „gebrannt“ hat.

Meinen Eltern und meinem Bruder sowie Bea danke ich für Ihre Unterstützung in verschiedenster Art und Weise, nicht nur im Bezug auf diese Arbeit.

Klaus danke ich für seine zähen Nerven und seine unermüdliche Gelassenheit besonders in der Endphase dieser Arbeit.

Ein ganz besonderer Dank geht an Beschi: für ihre Hilfe bei der Probenentnahme und –bearbeitung, für ständige Rufbereitschaft, moralische Unterstützung und eine tolle gemeinsame Zeit in und um Bakum. Du bist die Beste!