

Sanierung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in
Schweinebeständen Thüringens und Sachsens

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Karina David geb. Rettenberger

Aus der Klinik für Schweine (Innere Medizin und Chirurgie)
Betreuer: Prof. Dr. Dr. habil. Gerald Reiner

und

der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und
Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz
Betreuer: PD Dr. Karsten Donat

angefertigt an der Thüringer Tierseuchenkasse AdÖR, Jena

**Sanierung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in
Schweinebeständen Thüringens und Sachsens**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Karina David geb. Rettenberger
Tierärztin aus Augsburg

Gießen 2021

Mit der Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. Martin Kramer

Gutachter: Prof. Dr. Dr. habil. Gerald Reiner
PD Dr. Karsten Donat
Prof. Dr. Klaus Eder

Tag der Disputation: 20. Oktober 2021

Für all jene, die mich bis hierher unterstützt haben.

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten.

Ort, Datum: _____

Unterschrift: _____

Ergebnisse dieser Dissertation wurden veröffentlicht:

Rettenberger K, Vergara H, Eger S, Schwödiauer P, Reiner G, Donat K (2020):

Bekämpfung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in Sachsen und Thüringen. Ergebnisse zweier freiwilliger Landesprogramme in den Jahren 2011 – 2018

Tierärztliche Praxis Großtiere/Nutztiere 2020; 48: 80-91

DOI 10.1055/a-1115-8652

David K, Vergara H, Klassen A, Eger S, Schwödiauer P, Reiner G, Donat K (2021):

Beziehungen zwischen Managementfaktoren und Bestandsstatus bezüglich Infektion mit dem Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms. Eine Analyse im Verlauf eines freiwilligen PRRSV-Sanierungsprogramms in Sachsen und Thüringen

Tierärztliche Praxis Großtiere/Nutztiere 2021; 49: 30-39

DOI 10.1055/a-1308-6445

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht – Stand der Forschung	3
2.1 Sanierung von PRRSV	3
2.2 Faktorenanalyse.....	4
3 Ergebnisse	7
3.1 Publikation 1	7
3.2 Publikation 2	36
4 Diskussion	61
4.1 Diskussion der Fragestellung	61
4.2 Diskussion der Methode	62
4.3 Diskussion der Ergebnisse	66
5 Zusammenfassung	73
6 Summary	75
7 Literaturverzeichnis.....	77

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Essay
GLM-Modell	generalized linear mixed model (generalisiertes lineares gemischtes Modell)
(RT-)PCR	(reverse-transcriptase) Polymerase Chain Reaction (Reverse Transcriptase Polymerase Kettenreaktion)
PRRS(V)	Porzines Reproduktives und Respiratorisches Syndrom (Virus)
SGD	Schweinegesundheitsdienst

1 Einleitung

Seit der Entdeckung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndrom Virus (PRRSV) in den 1990er Jahren etablierten sich zu dessen Kontrolle zwei Wege: Die Prävention klinischer Symptome durch aktive Immunisierung (Haiwick et al. 2018; Kroll et al. 2018) und die Sanierung des PRRS durch Eliminierung des Virus aus Beständen und Regionen mithilfe verschiedener Methoden (Corzo et al. 2010). Mit Anwendung des neuen europäischen Tiergesundheitsrechts ab 21. April 2021 ist PRRS eine gelistete Krankheit und in Kategorie D eingestuft (Europäische Union 2016; Europäische Union 2018a und b). Daher sind auch bezüglich PRRSV Maßnahmen einzuhalten, um die Ausbreitung der Krankheit im Zusammenhang mit Verbringungen zwischen den Mitgliedsstaaten zu verhindern. Weiterhin ist zu PRRS ein Monitoring einzuführen.

In einigen deutschen Bundesländern können sanierte Bestände über die Schweinegesundheitsdienste (SGDs) den Status „PRRS-unverdächtig“ erhalten. Die Zertifizierungsrichtlinien wurden von der Arbeitsgemeinschaft der SGDs festgelegt (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016b). In den Bundesländern Sachsen und Thüringen wird eine Sanierung der schweinehaltenden Bestände angestrebt. Dazu wurden von den SGDs zusammen mit den Tierseuchenkassen und den zuständigen Staatsministerien Sanierungs- und Überwachungsprogramme verabschiedet, die eine Unterstützung der SGDs zu Zwecken der Sanierung von Betrieben und der Überwachung des Status der PRRS-Unverdächtigkeits ermöglichen und finanzielle Unterstützung durch Beihilfen der Tierseuchenkassen zum Zwecke der Diagnostik erlauben (Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz; Sächsische Tierseuchenkasse 2015; Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMASGFF) 2011). Um Neuinfektionen PRRS-unverdächtigter Bestände möglichst frühzeitig zu entdecken, ist es von großer Bedeutung ein regelmäßiges Monitoring durchzuführen. Die Überwachung der PRRS-Unverdächtigkeits sowie die Vergabe des entsprechenden Zertifikats basiert in deutschen Beständen auf der regelmäßigen Untersuchung von Blutproben (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016b).

Eine Eliminierung des Virus aus ganzen Regionen ist schwierig und bringt verschiedene Herausforderungen mit sich, weshalb sie in nur wenigen Studien beschrieben wurde (Le Potier et al. 1997; Carlsson et al. 2009; Corzo et al. 2010; Nathues et al. 2016; Rathkjen und Dall 2017; Neira et al. 2017). Die größte Bedrohung der Sanierung von PRRS für Betriebe und Regionen ist die Neuinfektion naiver Bestände. Sie kann zu schweren klinischen Symptomen führen (Stadejek et al. 2011; Neira et al. 2017). Die Ursachen, die zu Neuinfektionen führen können,

Einleitung

und die Faktoren, welche diese begünstigen, sind weitgehend bekannt. Unter anderem kann das PRRSV durch kontaminiertes Sperma (Nathues et al. 2016; Mortensen et al. 2002), Zukauf subklinisch infizierter Tiere (Mortensen et al. 2002) oder mittels Übertragung durch die Luft (Dee et al. 2009) in eine Herde eingebracht werden. Auch Faktoren des Managements können das Infektionsrisiko steigern und den Herdenstatus maßgeblich beeinflussen (Nathues et al. 2018). Die Schweinehaltung in den ostdeutschen Bundesländern, zu denen Sachsen und Thüringen gehören, unterscheidet sich hinsichtlich der Größe, der Struktur und des Managements der Bestände sowie hinsichtlich der Bestandsdichte von anderen Regionen und ist charakterisiert durch große Bestände mit großen Abständen zueinander. Daher ist es für die weitere Bekämpfung von PRRS in Sachsen und Thüringen von Bedeutung Faktoren zu kennen, welche mit dem PRRS-Status der Bestände in Beziehung stehen.

Durch die vorliegende Studie sollten daher folgende Fragestellungen untersucht werden:

1. Gibt es Betriebsfaktoren, die mit einem positiven PCR- und einem positiven Antikörper-Status in Zusammenhang stehen?
2. Wie verlief die Sanierung der PRRS-unverdächtigen Betriebe in Sachsen und Thüringen und was ist der aktuelle Stand?

2 Literaturübersicht – Stand der Forschung

2.1 Sanierung von PRRSV

Um eine Region erfolgreich zu sanieren ist es zunächst erforderlich, ein Monitoring der Betriebe einzuführen und Risiken für Neuinfektionen abzuschätzen (Rowland und Morrison 2012). Dafür ist es hilfreich, die Herden und die Beziehungen zwischen den Herden genau zu kennen (Rowland und Morrison 2012). In manchen Regionen konnten Erfolge bei der PRRS-Sanierung erzielt werden. Bereits kurz nach der Entdeckung des Lelystad-Virus wurden in der Pays de la Loire Region, Frankreich, erste Versuche unternommen, das Virus zu sanieren (Le Potier et al. 1997). Durch serologische Diagnostik wurden infizierte Herden identifiziert. Herden von hoher Priorität (viele Kontaktbestände durch Kauf und Verkauf von Schweinen, große Herden, Lage in Zentren hoher Schweinedichte) wurden durch Depopulation und Repopulation mit negativen Tieren saniert, wodurch die Prävalenz in der Region unter 2 % gehalten werden konnte (Le Potier et al. 1997). Auf der Horne-Halbinsel, Dänemark, und in einer amerikanischen Studie gelang eine Sanierung des PRRS durch das Verfahren „Load, close and homogenise“ (Rathkjen und Dall 2017; Trevisan et al. 2019). Ziel der Maßnahmen war es, durch eine gleichzeitige Impfung aller Schweine eine belastbare Immunität zu erhalten, während keine neuen Schweine eingestallt wurden. Dadurch sollte verhindert werden, dass das Virus in naiven Tieren massenhaft replizieren kann, damit die Viruszirkulation in der Herde unterbunden wird. Auf der Horne-Halbinsel wurde eine Eliminierung des Virus aus den zwölf Beständen durch zusätzliche Regelungen bezüglich des Tierverkehrs auf die Halbinsel und der Biosicherheit innerhalb der Bestände erreicht (Rathkjen und Dall 2017). Auch in der amerikanischen Studie verlief die Stabilisierung der 29 Bestände mit Ausnahme eines Bestandes erfolgreich (Trevisan et al. 2019).

Eine Reduktion positiver Bestände wurde in der amerikanischen Region Stevens County, Minnesota, USA, und in der Region Niagara, Ontario, Kanada, durch verschiedene Sanierungsmethoden erreicht. Aufgrund der Freiwilligkeit des Sanierungsprogramms und der anschließenden serologischen Überwachung im Stevens County wurden die Maßnahmen nicht überall konsequent durchgeführt und die genaue Zahl der negativen Bestände konnte nur geschätzt werden (Corzo et al. 2010). In Niagara wurde innerhalb von drei Jahren eine Reduktion der PRRSV-Prävalenz von 25 % auf 16 % erreicht (Arruda et al. 2015).

Ein weiterer amerikanischer Sanierungsversuch basierte auf der Teilräumung der Bestände (Dee et al. 1997). Durch eine sieben bis 14-tägige Räumung der Ferkelaufzucht, während der

die Läufer in einem anderen Stallbereich oder Betrieb untergebracht wurden, konnte neben einer Verbesserung der täglichen Gewichtszunahme und der relativen Mortalität in 66 % der Betriebe eine Sanierung des Aufzuchtbereichs erreicht werden. Da in den restlichen Betrieben spätestens nach zwölf Monaten wieder Antikörper in der Ferkelaufzucht nachgewiesen wurden, ist nach Einschätzung der Autoren dieses Vorgehen zur PRRS-Sanierung des Betriebes nicht als absolut zuverlässig anzusehen (Dee et al. 1997).

Länder mit hohem Gesundheitsstatus innerhalb der Schweinepopulationen wie Schweden und die Schweiz entdeckten Neuinfektionen mit PRRSV durch serologisches Monitoring zur Überwachung der Freiheit von verschiedenen Erregern (Carlsson et al. 2009; Nathues et al. 2016). In beiden Ländern gelang die Eindämmung der Infektion durch ein schnelles Unterbinden des Tierverkehrs, großflächiges Testen und das konsequente Entfernen infizierter Tiere bzw. Herden. Der Status der PRRSV-Freiheit konnte so in beiden Ländern wieder hergestellt werden. In dem bis dahin PRRSV-freien Chile wurde im Oktober 2013 eine PRRSV-Infektion mit akuten klinischen Symptomen in einem Bestand festgestellt (Neira et al. 2017). Der gesamte Bestand wurde zwar sofort getötet, doch das Virus konnte bald in weiteren Beständen nachgewiesen werden, die möglicherweise bereits seit längerem infiziert waren. Je nach Produktionsrichtung wurden unterschiedliche Verfahren zur Eliminierung des PRRSV angewandt, wobei die Kontrolle des Virus durch Impfung von vornherein verboten war (Neira et al. 2017).

2.2 Faktorenanalyse

Wird das PRRS in einem Bestand erfolgreich saniert, muss Neuinfektionen vorgebeugt werden. Dafür ist es bedeutsam, die begünstigenden Faktoren für einen negativen Bestandsstatus zu kennen, wozu eine Analyse dieser Faktoren in epidemiologischen Studien beitragen kann. In einer retrospektiven Analyse zeigte sich ein Zusammenhang von Risikofaktoren und der Gefahr eines Eintrags von Impfvirus vom Genotyp 2. Bedeutende Risikofaktoren sind der Handel mit Tieren aus geimpften Betrieben, insbesondere ohne Quarantäne, sowie der Zukauf von Sperma aus infizierten Eberstationen und infizierte Nachbarbetriebe, aus denen das Virus über Aerosole übertragen werden kann (Mortensen et al. 2002). Eine Fragebogenstudie zur Bewertung der Biosicherheit in 125 amerikanischen Ferkelerzeugerbetrieben identifizierte den Handel und Transport von Schweinen, eine Übertragung über Luft und Wasser und die Übertragung durch Menschen als die kritischsten Risikofaktoren (Silva et al. 2018), eine andere Studie die Lage des Betriebes an Hauptverkehrswegen (Arruda et al. 2016). Das Übertragungsrisiko nimmt hin-

gegen bei Minimierung der Anzahl der direkten und indirekten Beziehungen zwischen Beständen ab (Arruda et al. 2016). Insgesamt erscheint es wichtig, nicht einzelne Maßnahmen zu bewerten, sondern die gesamte Biosicherheits-Strategie von Betrieben zu betrachten, da sich Faktoren gegenseitig potenzieren können (Bottoms et al. 2012). Werden zum Beispiel Sauen aus mehreren Beständen zugekauft, was das Risiko eines Erregereintrags erhöht, kann eine Untersuchung aller Sauen in Quarantäne dieses Risiko ausgleichen (Bottoms et al. 2012). Jedoch können auch äußere, nicht beeinflussbare Umstände das Risiko für eine PRRSV-Infektion erhöhen. So zeigt sich ein Einfluss der Jahreszeit mit deutlich mehr Neuinfektionen in den Wintermonaten (Holtkamp et al. 2010). Jahreszeitliche Unterschiede zeigen sich auch in der „time-to-stability“ nach einem PRRS-Ausbruch (definiert anhand von klinischen Symptomen und RT-PCR positiven Befunden) bis zum Erreichen eines stabilen Herdenstatus je nach der Jahreszeit, in dem der Ausbruch geschah (Sanhueza et al. 2019).

Höhere Risiken für größere Betriebe können sich unter anderem aus einer Zunahme an Kontaktpersonen mit Zugang zum Bestand ergeben (Nathues et al. 2018). So waren größere Herden häufiger positiv als kleinere (Mortensen et al. 2002; Velasova et al. 2012; Fablet et al. 2016). Auch zeigten sich in größeren Betrieben häufiger klinische Symptome, insbesondere respiratorische Symptome in der Aufzucht sowie eine gesteigerte Letalität bei Sauen (Goldberg et al. 2000).

Neben der Herdengröße konnte ein Zusammenhang zwischen dem PRRS-Status und dem Produktionstyp des Betriebes gezeigt werden. In Ontario sind reine Ferkelerzeuger häufiger negativ als Betriebe mit angeschlossener Mast (Arruda et al. 2016). Die Ursache kann in der unterschiedlich stark ausgeprägten Ausgestaltung der Biosicherheitsmaßnahmen je nach Produktionstyp oder Größe des Betriebes liegen (Lambert et al. 2012; Arruda et al. 2016). Die Schweinedichte der Region kann ebenfalls beeinflussen, wie gut Biosicherheitsmaßnahmen umgesetzt werden (Lambert et al. 2012). Eine hohe Schweinedichte sowie eine zu große Nähe zu Nachbarbetrieben stellt ein Risiko für einen positiven Status dar (Velasova et al. 2012; Nathues et al. 2018).

Der häufigere Kontakt zu Schlachthoftransportern und Kadaverfahrzeugen stand ebenso in Zusammenhang mit einem positiven Status (Arruda et al. 2016) wie die Nähe des Kadaverlagers zum Stall (Nathues et al. 2018) und der Einsatz einer PRRSV-Vakzine (Velasova et al. 2012). In PRRS-negativen Betrieben wurde häufiger eine längere Säugezeit eingehalten als in positiven Betrieben (Nathues et al. 2018; Velasova et al. 2012).

Literaturübersicht – Stand der Forschung

In Betrieben ohne Rein-Raus-Prinzip in der Aufzucht, mit *Mycoplasma hyopneumoniae*-Infektion und hohem Infektionsdruck des *Porcinen Circovirus 2* wurde eine kürzere Zeit bis zur PRRSV-Serokonversion der Aufzuchtferkel beobachtet (Fablet et al. 2016).

Neben verschiedenen Managementfaktoren konnte ein Zusammenhang zwischen genetischen Faktoren und klinischen Symptomen (Tod von Sauen durch PRRS) gezeigt werden (Goldberg et al. 2000). Hatte das für einen Ausbruch verantwortliche PRRSV ein 1-7-4 Restriktionsfragment, so benötigte der betroffene Betrieb eine längere Zeit zur Stabilisierung, als wenn kein 1-7-4 Restriktionsfragment im Genom vorhanden war (Sanhueza et al. 2019).

3 Ergebnisse

3.1 Publikation 1

Bekämpfung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in Sachsen und Thüringen

Ergebnisse zweier freiwilliger Landesprogramme in den Jahren 2011 – 2018

Tierärztliche Praxis Großtiere/Nutztiere 2020; 48: 80-91

DOI 10.1055/a-1115-8652

Bekämpfung des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in Sachsen und Thüringen

Ergebnisse zweier freiwilliger Landesprogramme in den Jahren 2011 – 2018

Porcine reproductive and respiratory syndrome control in Saxony and Thuringia

Results of 2 voluntary regional programmes in the years 2011 – 2018

Karina Rettenberger^{1,2}, Helga Vergara², Sabine Eger¹, Philipp Schwödiauer¹, Gerald Reiner³, Karsten Donat^{1,4}

¹Thüringer Tierseuchenkasse AdöR, Tiergesundheitsdienst, Jena

²Sächsische Tierseuchenkasse AdöR, Tiergesundheitsdienst, Dresden

³Klinik für Schweine (Innere Medizin und Chirurgie), Justus-Liebig-Universität Gießen

⁴Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz, Justus-Liebig-Universität Gießen

Korrespondierender Autor:

PD Dr. med. vet. habil. Karsten Donat

Thüringer Tierseuchenkasse

Victor-Goerttler-Straße 4

07745 Jena

kdonat@thtsk.de

Ergebnisse

Schlüsselwörter: Monitoring, Sanierung, PRRS-Impfung, Abklärungsuntersuchung

Zusammenfassung

Gegenstand und Ziel: Die vorliegende Studie soll den Fortschritt der freiwilligen Sanierungsprogramme bezüglich des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS) in Thüringen und Sachsen zeigen und die Bedeutung der Abklärungsuntersuchungen im Fall von positiven Befunden in unverdächtigen Betrieben herausstellen.

Material und Methoden: Zur Darstellung des Sanierungsfortschritts wurden die Befunde der Jahre 2011 – 2018 sowie Daten zur Sanierung, der Betriebsform und -größe und zum Einsatz einer PRRS-Impfung zusammengestellt. Jedem Betrieb wurde für jedes untersuchte Jahr ein Antikörper- und ein PCR-Status zugeordnet. Neben einer Entwicklung der Befunde über die Jahre wurden die Beziehungen zwischen den Status und der Herdengröße bzw. dem Einsatz der PRRS-Impfung untersucht. Die Bedeutung der Abklärungsuntersuchungen wird anhand von Befunden der Betriebe in den Jahren nach der Sanierung gezeigt.

Ergebnisse: In Sachsen wurde die Infektion mit dem Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRSV) meist durch einen Bestandsaustausch saniert. In Thüringen erfolgte häufig eine Sanierung bei laufender Produktion. In beiden Bundesländern war im untersuchten Zeitraum eine signifikante Reduktion der positiven Antikörper- und PCR-Befunde festzustellen. In Betrieben mit Einsatz einer PRRS-Impfung gab es mehr Antikörper- und PCR-Nachweise. In den Jahren nach der Sanierung traten in einzelnen PRRSV-unverdächtigen Betrieben positive PRRSV-Antikörper-Befunde auf, die sich nach Abklärungsuntersuchungen als falsch positiv erwiesen.

Schlussfolgerungen: Der Anteil PRRSV-positiver Bestände in einer Region mit geringer Schweinedichte lässt sich durch freiwillige Bekämpfungsprogramme senken, das Sanierungsverfahren spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Der Einsatz einer Impfung gegen PRRS sollte gegen andere Bekämpfungsmaßnahmen abgewogen werden. Bei positiven Befunden in unverdächtigen Betrieben sollte eine Abklärungsuntersuchung durchgeführt werden, damit ein möglicher PRRS-Einbruch ausgeschlossen werden und der Betrieb seinen Status behalten kann.

Klinische Relevanz: Die freiwillige PRRS-Sanierung auf Bestandesebene und der Erhalt des Status „PRRSV-unverdächtiger Bestand“ ist möglich, auch wenn einzelne Betriebe der Region nicht an dem Sanierungsprogramm teilnehmen.

Abstract

Objective: The present study is intended to show the progress of voluntary porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) control programmes in Thuringia and Saxony as well as to emphasize the importance of confirmation testing in the case of positive findings in unsuspecting herds.

Material and methods: In order to present the progress of porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) elimination, the findings for the years 2011 – 2018 as well as data on the elimination programme, type and size of the farms and use of PRRS vaccination were compiled. Each herd was assigned an antibody and PCR status in order to analyze the relationship between status and year. Furthermore, the association between status and herd size as well as the use of PRRS vaccination were investigated. The relevance of the confirmation testing is shown by the findings of the herds in the years following PRRSV elimination.

Results: In the majority of affected farms in Saxony, depopulation/repopulation was performed in order to eliminate PRRSV. In Thuringia, PRRSV elimination was frequently accomplished during ongoing production. A significant reduction of positive antibody and PCR findings was observed in both federal states during the investigation period. Higher antibody and PCR levels were evident in farms using PRRS vaccination. In the years following PRRSV elimination, positive PRRSV antibody findings occurred in individual PRRSV-unsuspecting farms. These were shown to be false-positive by use of confirmation tests.

Conclusions: The proportion of PRRSV-positive herds in a region with low pig density can be reduced by voluntary control programmes with the eradication method playing a subordinate role. The use of vaccination against PRRSV or alternative control measures is to be considered carefully. In the case of positive findings in unsuspecting farms, confirmation testing is warranted in order to rule out any ongoing PRRS outbreak as well as to clarify the farm's status.

Clinical relevance: Voluntary PRRS elimination and maintenance of the status of "PRRSV unsuspecting" is possible even when individual herds in the region do not participate in the control programme.

Key words: Monitoring, eradication, PRRS vaccination, confirmation testing of positive results

Einleitung

Seit der Entdeckung des Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRSV) wurden weltweit wenige Versuche zur Sanierung von Gebieten unternommen, die unterschiedlichen Erfolg hatten (1–5). Der durch das PRRS verursachte wirtschaftliche Schaden ist hoch (6, 7), aber die Pathogenese der Erkrankung und die vielfältigen Übertragungswege des Virus innerhalb einer Herde sowie zwischen Schweinebeständen machen die Durchführung einer PRRS-Sanierung zu einer Herausforderung (8). Nach erfolgreicher Sanierung besteht stets das Risiko eines Wiedereintrags des PRRSV durch Fahrzeuge, Tiertransporte, Ebersperma (9, 10) oder eine Virusübertragung über die Luft (11). Dieses Risiko ist in Gegenden mit geringer Schweinedichte stark reduziert, da eine Übertragung aufgrund der großen Abstände von mehreren Kilometern zwischen den schweinehaltenden Betrieben mit deutlich geringerer Wahrscheinlichkeit stattfindet (9).

Zu den Regionen mit geringer Schweinedichte gehören Thüringen und Sachsen. In diesen beiden deutschen Bundesländern erfolgt seit einigen Jahren im Rahmen von Sanierungsprogrammen ein Monitoring des PRRS-Status der schweinehaltenden Betriebe. Ziel der Programme ist die Überwachung der Schweinebestände der Regionen bezüglich des PRRSV und die Bekämpfung der Infektion auf Bestandesebene. Durch diese Maßnahmen konnte in Thüringen und Sachsen mittlerweile ein Großteil der sauenhaltenden Betriebe eine erfolgreiche PRRS-Sanierung durchführen und den Status „PRRSV-unverdächtig“ erhalten. Dessen regelmäßige Überwachung erfolgt durch ein blutserologisches Monitoring anhand der Untersuchung einer Stichprobe von ca. 30 Tieren auf PRRSV-Antikörper (12). Um einen Wiedereintrag des Virus möglichst schnell zu entdecken, bestehen Empfehlungen bezüglich der zu untersuchenden Tiergruppen, der Stichprobengröße und des Untersuchungsabstandes (1, 13, 14). Eine der Herausforderungen einer möglichst zeitnahen Entdeckung eines Viruseintrags stellt dabei die Auswahl des verwendeten Testsystems dar, das sowohl eine hohe Sensitivität zur sofortigen Entdeckung der spezifischen Antikörper als auch eine hohe Spezifität zur Minimierung falsch-positiver Ergebnisse aufweisen muss (15, 16). Zur Identifizierung solcher „testbedingt positiver“ Proben kann die Arbeitsanweisung der Schweinegesundheitsdienste (17) herangezogen werden. Diese schlägt vor, zur Abklärung das betreffende Tier sowie 10 Kontakttiere mittels ELISA und PCR zu untersuchen. Dennoch stellt die Interpretation der Befunde von Stichprobenuntersuchungen auf PRRSV-Antikörper im Rahmen von Sanierungsprogrammen eine permanente Schwierigkeit dar (18). Vergleichende Untersuchungen hierzu aus dem Feld sind bisher nicht publiziert.

Ergebnisse

Ziel dieser Studie ist, den Fortschritt der PRRSV-Sanierung in einer Region mit geringer Schweinedichte anhand der Ergebnisse von Untersuchungen auf PRRSV-Antikörper darzustellen und verschiedene Merkmale der Betriebe zu vergleichen. Dabei soll die Bedeutung von Abklärungsuntersuchungen bei einem Antikörpernachweis in unverdächtigen Betrieben hervorgehoben werden.

Material und Methoden

Grundlage der PRRS-Sanierung

Die Studie wurde in den beiden benachbarten ostdeutschen Bundesländern Thüringen und Sachsen durchgeführt, da in beiden Ländern seit mehreren Jahren eine PRRSV-Bekämpfung auf freiwilliger Basis stattfindet. Diese erfolgt auf der Grundlage von Tiergesundheitsprogrammen, die von den jeweiligen Länderministerien in Zusammenarbeit mit den Tiergesundheitsdiensten der Tierseuchenkassen durchgeführt werden, in Sachsen das „Programm des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz und der Sächsischen Tierseuchenkasse zum Schutz der Schweinebestände vor der Infektion mit dem Virus des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS)“ (19) und in Thüringen das „Programm zur Förderung der Tiergesundheit in den Schweinebeständen in Thüringen“ (20) mit dem Modul 2.3 „Schutz der Schweinebestände vor Infektionen mit Viren des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS)“ (12). Das Ziel beider Programme ist, durch regelmäßige Untersuchungen auf PRRSV und weitere geeignete Maßnahmen den Status „PRRSV-unverdächtiger Bestand“ der bereits zertifizierten Bestände zu erhalten und in infizierten Beständen die Infektion zu kontrollieren oder zu sanieren.

Die Entwicklung der Antikörper- und PCR-Befunde über die betrachteten Jahre werden in beiden Bundesländern aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung der Tiergesundheitsprogramme getrennt betrachtet. Das Tiergesundheitsprogramm der Thüringer Tierseuchenkasse richtet sich sowohl an Tierhalter mit PRRS-unverdächtigen als auch an solche mit PRRS-positiven Schweinehaltungen. Durch ein halbjährliches serologisches Monitoring wird der Status der unverdächtigen Betriebe überwacht und die Sanierung der positiven Betriebe diagnostisch begleitet. In Sachsen dient das Tiergesundheitsprogramm in erster Linie der Überwachung des Status der PRRS-unverdächtigen Bestände, weshalb positive Betriebe nicht regelmäßig in die hier vierteljährlich stattfindenden Untersuchungen einbezogen wurden. Die Integration von Mastbetriebe in das serologische Monitoring erfolgte in beiden Bundesländern meist erst dann, wenn klinische Probleme auftraten, die differentialdiagnostisch auf eine aktive PRRSV-Infektion hindeuteten.

Betriebe

Insgesamt gibt es in Thüringen 80 und in Sachsen 86 schweinehaltende Betriebe mit zehn oder mehr Sauen und 67 (Thüringen) bzw. 96 (Sachsen) Betriebe mit 500 oder mehr Mastschweinen. Für diese Studie wurde festgelegt, dass eine aktive Beteiligung an den PRRSV-Bekämpfungsprogrammen der beiden Länder vorlag, wenn die Betriebe in mindestens 3 Jahren mindestens 25 Proben auf das PRRSV untersuchen ließen. In Sachsen waren das 76 und in Thüringen 97 schweinehaltende Betriebe, die folgendermaßen kategorisiert wurden: Betriebe mit einer Sauenhaltung gehörten bei weniger gehaltenen Zucht- und Masttieren über 30 kg als Sauen nach erster Belegung in die Kategorie Ferkelerzeuger und andernfalls zur Kategorie kombinierte Betriebe. Betriebe ohne Sauenhaltung wurden der Kategorie der Mastbetriebe zugeordnet (Tab 1). Bei den neun Betrieben ohne Haltung von Sauen und Schweinen über 30 kg (Eberstationen und spezialisierte Ferkelaufzuchtbetriebe) unterblieb eine Kategorisierung. Der Anteil der in das Programm einbezogenen Sauen betrug in Sachsen 74,05 % und in Thüringen 96,15 %. Die Grundlage für die Kalkulation der Beteiligungsrate und der Betriebsgrößen bildete die bei der jeweiligen Tierseuchenkasse gemeldete Tierzahl zum Stichtag des 1.1.2018 bzw. bei vorheriger Betriebsaufgabe die Meldung zum 1.1. des letzten Jahres mit Untersuchung auf PRRSV.

Der PRRS-Programm-Status wird vom Schweinegesundheitsdienst des jeweiligen Bundeslandes nach Arbeitsanweisung der Schweinegesundheitsdienste (17) vergeben, in der die nötige Mindest-Stichprobengröße und Untersuchungshäufigkeit festgelegt sind. Hat ein Betrieb eine Sanierung durchgeführt, gilt er als „PRRS-unverdächtig“ und wird nach Bedarf vom jeweiligen Schweinegesundheitsdienst nach Überprüfung der Biosicherheitsmaßnahmen (21) zertifiziert. Aufgrund der unterschiedlichen Vergangenheit der Betriebe erfolgt in der vorliegenden Studie eine Differenzierung zwischen dem PRRS-Programm-Status „immer unverdächtig“ und „saniert“. Der dritte verwendete Programm-Status der „noch positiven“ Betriebe wird allen bisher nicht sanierten Betrieben zugeordnet.

Hatte ein Betrieb eine PRRS-Impfung eingesetzt, wurde dies vom Schweinegesundheitsdienst erfasst. In Thüringen fand in den 1990er Jahren eine fast flächendeckende Impfung mit PRRSV-Lebendimpfstoff (NA-Virus) statt. Später wurde vermehrt auf PRRSV-EU-Lebendimpfstoff umgestellt. Wenn aufgrund der Befunddatenlage des Betriebes die Durchführung einer Sanierung bei laufender Produktion möglich schien, wurde dies in Thüringen entweder mit verschiedenen Maßnahmen zur Infektkettenunterbrechung und zur Optimierung des Tierflusses ohne PRRS-Impfung versucht oder ergänzend eine Impfung mit Lebendvakzine (EU-Virus) durchgeführt. In einzelnen Betrieben erfolgte in der Endphase der Sanierung ein Wechsel von Le-

Ergebnisse

bendimpfstoff (EU-Virus) zu einer inaktivierten Vakzine. Deuteten die serologischen und molekularbiologischen Befunde darauf hin, dass keine Viruszirkulation mehr stattfand, wurde die Impfmaßnahme beendet. In Sachsen hingegen wurde seit 1998 mit der Einführung serologischer Tests in die Routinediagnostik auf eine Beibehaltung des Status der „RRSV-Unverdächtigkeit“ geachtet. Dort kam ein PRRS-Impfstoff nur in einigen infizierten Betrieben zur Reduzierung der klinischen Symptome zum Einsatz. Eine PRRS-Sanierung erfolgte hier häufig durch Bestandsaustausch. Dabei war es eine gängige Methode, den Bestand zu räumen und die Tiere der Schlachtung zuzuführen. Anschließend wurde der Stall gereinigt, desinfiziert und nach einer Leerstehzeit von mehreren Wochen mit neuen Tieren bestückt, ein von Corzo et al. (2) beschriebenes Verfahren.

Wurde eine Sanierung mittels Bestandsaustausch durchgeführt, ist das Sanierungsjahr das Jahr der Einnistung der neuen Tiere. Bei einer Sanierung bei laufender Produktion ist das Jahr der Sanierung das Jahr, in dem die erste Monitoring-Untersuchung mit entsprechend vorgegebener Stichprobengröße ausschließlich negative Ergebnisse in den Untersuchungen lieferte.

Stichprobenauswahl und Laboruntersuchungen

Das Monitoring fand in Thüringen in halbjährlichem, in Sachsen in vierteljährlichem Abstand statt. In der Regel wurden im Bestand 30 Blutproben genommen, aufgeteilt auf Altsauen, Jungsaugen und Läufer zum Ende des Aufenthalts im Flatdeck, um eine Prävalenz von 20 % mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % feststellen zu können. In Mastbetrieben wurden insgesamt 30 Tiere verschiedener Altersgruppen beprobt. In Sanierungsbetrieben wurden in Thüringen zusätzlich Teilpopulationen mit vermuteter Viruszirkulation in kürzeren Abständen kontrolliert. Die Untersuchung dieser Proben fand in Thüringen im Tiergesundheitsdienst-Labor Jena und in Sachsen in der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen statt. Bei den serologischen Untersuchungen zum Nachweis PRRSV-spezifischer Antikörper (AK) kam der PRRSV Ab ELISA X3 (Idexx Laboratories, Inc., Westbrook, Maine, USA) zur Anwendung. Die molekularbiologischen Untersuchungen zum Nachweis von PRRSV-Virusgenom erfolgten in Sachsen mittels Multiplex-TaqMan – Real-Time RT-PCR zum Nachweis von PRRSV- EU- bzw. NA-Genotyp-spezifischen Nukleinsäuren (22). Mit diesem Verfahren lassen sich Gensequenzen aus dem Open Reading Frame (ORF) 7 der PRRS-Viren spezifisch amplifizieren. In Thüringen wurde für diesen Zweck eine nested RT-PCR nach Mardassi (23), modifiziert nach Pesch (24) verwendet, die sich für den Nachweis europäischer und nordamerikanischer Genotypen von PRRSV gleichermaßen eignet (25).

Interpretation der Befunde

Die Befunde eines Betriebs wurden für jedes Jahr, in dem der Betrieb Proben hatte untersuchen lassen, getrennt nach serologischen und molekularbiologischen Untersuchungen zusammengefasst. Auf diese Weise erhielt jeder Betrieb je nach Ergebnis der Untersuchungen in jedem Jahr einen AK- und einen PCR-Status. Der Status war positiv, sobald sich im untersuchten Jahr in dem entsprechenden Test mindestens eine Probe positiv ergab. War der Betrieb entsprechend den Richtlinien der Schweinegesundheitsdienste (17) zertifiziert und führte eine Abklärungsuntersuchung nach diesen Richtlinien mit negativem Ergebnis durch, blieb der Status in diesem Jahr weiterhin „negativ“. Bei einer Abklärungsuntersuchung werden innerhalb von 2 Wochen mindestens das fragliche Tier sowie 10 Kontakttiere mittels ELISA und PCR nachuntersucht. Waren alle Proben im entsprechenden Test negativ, wurde ebenfalls ein negativer AK- oder PCR-Status vergeben. Da bei zertifiziert unverdächtigen Betrieben in der Regel nur der serologische Test erfolgte, wurde diesen aufgrund der Unverdächtigkeit in Jahren mit negativem AK-Status ebenfalls ein negativer PCR-Status zuerkannt, damit bei der Auswertung alle Betriebe berücksichtigt werden konnten.

Um die Schwierigkeit bei der Interpretation von AK-Befunden und die Bedeutung der Abklärungsuntersuchungen aufzuzeigen, wurden die Befunde der sanierten Betriebe um das Sanierungsjahr auf 2 verschiedene Weisen ausgewertet:

- a) Es wurde jeder Betrieb im untersuchten Jahr als positiv gewertet, sobald eine Probe im entsprechenden Jahr serologisch positiv war. Ergab sich bei allen Proben ein negativer Befund, bekam der Betrieb für das Jahr einen negativen Status.
- b) Gleiche Vorgehensweise wie bei a), jedoch wurden in Jahren mit einzelnen positiven Befunden die Ergebnisse der Abklärungsuntersuchungen zu diesen Proben nach den Richtlinien der Schweinegesundheitsdienste (17) berücksichtigt und im Falle eines negativen Ergebnisses erhielt der jeweilige Betrieb ebenfalls einen negativen Status.

Statistische Auswertung

Zur Auswertung wurden die Befunde der Jahre 2011 – 2018 aus der Befunddatenbank der Thüringer Tierseuchenkasse und der Sächsischen Tierseuchenkasse (Agro Data EDV Service GmbH & Co. KG, Cottbus, D) abgefragt. Die Aufbereitung der aus den Datenbanken extrahierten Daten sowie die Erstellung der Abbildungen erfolgte mithilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). Bei allen weiteren Berechnungen wurde die Statistiksoftware SPSS für Windows (IBM Corporation, Armonk, New York, USA) zum Einsatz.

Ergebnisse

Zur Darstellung des Fortschritts der Sanierungsprogramme wurde der mittlere Anteil positiver Betriebe in Thüringen und Sachsen verwendet und anhand des Mittelwertes (\pm Standardfehler) der im jeweiligen Jahr serologisch bzw. molekularbiologisch positiven Betriebe angegeben. Die Gesamtzahl der Betriebe ist dabei stets die Zahl der im jeweiligen Jahr auf PRRSV untersuchten Betriebe. Mithilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse und Bonferroni-korrigiertem Post-hoc-Test wurde auf Unterschiede im Verlauf der Jahre getestet. Da die Bestandsgrößen annähernd normalverteilt waren, unterblieb eine Logarithmierung der Tierzahlen. Zur Prüfung des Einflusses der Zahl gehaltener Sauen und der PRRSV-Impfung im Bestand auf den AK- und PCR-Status diente der Mann-Whitney-U-Test. Das Signifikanzniveau wurde in allen Fällen auf $p < 0,05$ festgelegt.

Zur Analyse der Beziehungen zwischen der Betriebsgröße der sauenhaltenden Betriebe und der AK- und PCR-Positivität sowie der Durchführung einer PRRS-Impfung und der AK- und PCR-Positivität ist jedes Jahr, in dem ein Betrieb auf PRRSV untersucht wurde, ein Fall, dem die Faktoren „Anzahl gehaltener Sauen“, „Programm-Status“ und „PRRS-Impfung“ mit der Ausprägung des zugehörigen Betriebs zugeordnet wurden. Zur Darstellung dieser Ergebnisse sowie der Jahre vor und nach Sanierung mit positiven AK-Befunden diente die Variable der „Betriebsjahre“, die für jedes untersuchte Jahr angab, ob ein Betrieb einen positiven oder negativen AK- bzw. PCR-Status hatte.

Ergebnisse

Eine Sanierung der Betriebe erfolgte in beiden Bundesländern auf unterschiedliche Weise. Während in Sachsen wenige Jahre nach einem PRRS-Ausbruch die betroffenen Bestände meist geräumt und neu aufgebaut wurden, fand in Thüringen häufig mithilfe begleitender Diagnostik eine Sanierung bei laufender Produktion statt. Unabhängig davon konnte in beiden Bundesländern ein eindeutiger Fortschritt in Hinblick auf die Sanierung PRRS-positiver Betriebe nachgewiesen werden. Die Zahl der Betriebe mit AK-Nachweisen in den untersuchten Jahren sank in dem betrachteten Zeitraum. In Thüringen reduzierte sich die Zahl der positiven Betriebe von 69,0 % ($\pm 6,1$) auf 40,0 % ($\pm 5,9$), in Sachsen von 27,5 % ($\pm 7,2$) auf 5,7 % ($\pm 3,2$). Auch der direkte Virusnachweis mittels RT-PCR, der in beiden Bundesländern auf einem niedrigeren Niveau als der AK-Nachweis lag, nahm über die Jahre ab. In Thüringen ergab sich hier eine Reduktion ab dem 6. Jahr der Untersuchungen, in Sachsen bereits ab dem 3. Jahr (Tab. 2, Tab. 3).

Bei der Verteilung der positiven Betriebe auf die 3 Betriebskategorien zeigten sich in beiden Bundesländern ähnliche Unterschiede. Der Anteil der positiven sauenhaltenden Betriebe war

Ergebnisse

geringer als der Anteil der positiven Mastbetriebe, wobei in Thüringen eher die kombinierten Betriebe positiv waren, während in Sachsen die Ferkelerzeuger häufiger positive AK-Befunde aufwiesen. Auch hier ließ sich bei allen Betriebsformen eine Abnahme des Anteils positiver Betriebe feststellen (Tab. 2, Tab. 3).

In Sachsen war die Zahl gehaltener Sauen in PRRSV-AK-positiven und PRRSV-PCR-positiven Betrieben höher als in negativen. In Thüringen bestand diesbezüglich kein Unterschied, ebenso wenig bei der gemeinsamen Betrachtung sauenhaltender Betriebe der beiden Bundesländer (Tab. 4, Tab. 5).

Bei schweinehaltenden Betrieben, die eine PRRS-Impfung Virus einsetzten, gab es in den untersuchten Jahren mehr AK-Nachweise, unabhängig davon, ob die Betriebe saniert oder noch PRRS-positiv waren. Ebenso traten PCR-positive Befunde häufiger in schweinehaltenden Betrieben auf, die eine Impfung durchführten. In Betrieben, die immer PRRS-unverdächtig waren, erfolgte keine Impfung gegen das PRRSV (Tab. 6).

Die Bedeutung der Abklärungsuntersuchungen wird in den Abb. 1 dargestellt. Beim Vergleich der beiden Teilabbildungen fällt auf, dass insbesondere in den Jahren nach der Sanierung in den dann zertifiziert unverdächtigen Betrieben ein Unterschied festzustellen ist. Während bei einer unreflektierten Übernahme der Befunde aus dem Labor auch nach der Sanierung immer wieder positive Befunde in einzelnen Betrieben auftraten (Abb. 1a), zeigt sich im Ergebnis der Abklärungsuntersuchungen, dass diese Befunde nicht in einer PRRSV-Infektion begründet waren, sondern aus anderen Gründen zum Reagieren des Tests führten (Abb. 1b). Alle betrachteten sanierten Betriebe behielten bis zum Zeitpunkt der letzten in diese Studie eingeflossenen Untersuchung den negativen AK-Status durch Abklärungsuntersuchungen. In einem Betrieb wurden bei der Monitoring-Untersuchung im Jahr nach der Sanierung noch AK bei einigen Altsauen nachgewiesen (Tab. 7).

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war, den Fortschritt der PRRSV-Bekämpfung in den beiden Bundesländern Sachsen und Thüringen anhand der Untersuchung auf PRRSV-Antikörper zu beschreiben und die Bedeutung einer Abklärung falsch-positiver Befunde bei der diagnostischen Begleitung eines Sanierungsprogramms darzustellen. Die Wahl fiel auf diese beiden deutschen Bundesländer, da dort die zuständigen Landesministerien in Verbindung mit den Schweinegesundheitsdiensten der Tierseuchenkassen seit einigen Jahren ein Sanierungsprogramm (12, 19) durchführen, in dessen Rahmen regelmäßige blutserologische Untersuchungen bezüglich PRRSV erfolgen. Aufgrund der Häufigkeit der Untersuchungen und deren Beginn bereits vor

Ergebnisse

mehreren Jahren gibt die vorliegende Studie einen Überblick über die in Sanierung befindlichen Regionen über eine Dauer, wie es bisher in keiner Studie möglich war. Da die Kosten für die Untersuchung als Beihilfe von den Tierseuchenkassen erstattet werden konnten, nahm außerdem ein hoher Anteil der schweinehaltenden Betriebe teil (in TH 88,8 % und in SN 53,5 % der mehr als 10 Sauen haltenden Betriebe), sodass die für die Regionen repräsentative Situation in dieser Studie dargestellt wird.

In beiden Bundesländern ist die Zahl der PRRSV-positiven Betriebe stark zurückgegangen. Dies spiegelt den Erfolg der PRRS-Bekämpfung auf regionaler Ebene in Thüringen und Sachsen wider. Auch in anderen Regionen wurde oder wird erfolgreich ein serologisches Monitoring-Programm zur Überwachung PRRS-unverdächtiger Betriebe (1) oder zur diagnostischen Begleitung einer PRRS-Sanierung (2, 5) durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Fokussierung der Programme und der unterschiedlichen Sanierungsstrategien lassen sich die beiden Bundesländer nicht direkt vergleichen, weshalb eine getrennte Auswertung und Darstellung beider Bundesländer erfolgten.

In Sachsen wurde seit 1998 auf eine Beibehaltung des Unverdächtigkeitsstatus mit einer Überwachung desselben geachtet. Seitdem werden insbesondere Eberstationen und Jungsauenerzeuger aber auch weitere sauenhaltende Betriebe mit dem Status PRRS-unverdächtig regelmäßig beprobt, um einen Viruseintrag schnellstmöglich zu entdecken und eine weitere Ausbreitung zu verhindern. Erst später erhielten auch positive Betriebe die Möglichkeit, an dem Überwachungs-Programm teilzunehmen. In Thüringen hingegen fanden zu Beginn der Krankheitsausbreitung flächendeckende Impfmaßnahmen statt, um eine stabile Herdenimmunität zu erhalten und damit den wirtschaftlichen Schaden durch einen möglichen PRRS-Ausbruch zu minimieren. Aufgrund dieser Vorgehensweise in der Vergangenheit unterscheidet sich die Ausgangslagen in beiden Bundesländern: In Sachsen gibt es viele Betriebe, die nie eine PRRS-Infektion durchmachten und bis heute unverdächtig sind. Dagegen erhielten in Thüringen alle geimpften Betriebe durch den Einsatz von Lebendimpfstoff und die Ausbreitung des Impfvirus im Bestand einen positiven Status, da eine Unterscheidung zwischen Impf- und Feldantikörpern nicht sicher möglich ist. Durch Maßnahmen zur Reduzierung der Erregerausbreitung im Bestand gelang einigen Betrieben in Thüringen eine Sanierung bei laufender Produktion. In einzelnen Betrieben wurde durch eine Änderung des Impfgregimes hin zu Impfung der Jung- und Altsauen mit Totimpfstoff eine Immunität der Sauen erreicht, ohne dabei erneut Impfvirus in die Herde zu bringen. So konnte die Erregervermehrung und -ausscheidung reduziert werden,

Ergebnisse

bis sich naive Tiere nicht mehr infizierten. In Betrieben, in denen die Impfung mit Lebendimpfstoff direkt abgesetzt wurde, ließen sich insbesondere in der Aufzucht noch bis zu einem Jahr danach AK oder Virusgenom nachweisen.

Bei einer vollständigen Sanierung einer Region in Dänemark wurde die Impfung gegen PRRSV ebenfalls erfolgreich eingesetzt. Das dort angewendete Verfahren beinhaltete eine Schließung des Bestands unmittelbar nach der ersten Einstallung und eine Impfung des kompletten Bestands mit dem Ziel der Homogenisierung der Bestandsimmunität („Load, close, homogenise“) (5). In anderen Betrieben in Thüringen gelang eine Sanierung nur durch Verbesserung der internen Biosicherheit. Durch die regelmäßige begleitende Diagnostik konnte der Zeitpunkt festgestellt werden, an dem naive Tiere nicht mehr serokonvertierten und somit keine Virusausscheidung mehr stattfand. In Sachsen war diese klassische Form der Sanierung zwar auch zu beobachten, häufiger wurde jedoch eine schnellere und sicherere Sanierung durch Bestandsaustausch bevorzugt. Eine gängige Methode war, den kompletten Bestand zu räumen und die Tiere der Schlachtung zuzuführen. Anschließend wurden die Ställe gereinigt und desinfiziert und, wie von Corzo et al. beschrieben (2), nach einer Leerstehzeit von mehreren Wochen mit neuen Tieren bestückt. Besonders effektiv war diese Vorgehensweise bei dem PRRS-Ausbruch in Schweden im Sommer 2007: Innerhalb weniger Monate wurden alle infizierten Bestände geräumt, wodurch sich die Ausbreitung vollständig eindämmen ließ (1). Auch in Thüringen und vor allem in Sachsen wurde dies häufig aus unterschiedlichen Gründen angewandt. Meist führten der Wunsch nach Verbesserung der Genetik oder nach Verdrängung von Infektionen mit anderen Krankheitserregern wie *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* und *Pasteurella multocida* zu der Entscheidung, den Bestand zu räumen, und beim Wiederaufbau wurde auf einen hohen Gesundheitsstatus der zugekauften Tiere mit Freiheit von Krankheitserregern wie PRRSV geachtet. Eine Methode, die in den beiden Bundesländern aufgrund der Herdengrößen nicht zum Einsatz kam, ist die Methode des „test and removal“ (2). In der Schweiz wurde mithilfe einer Untersuchung aller Tiere, die sich in von einem PRRS-Ausbruch betroffenen Betrieben befanden, und der anschließenden Entfernung der Reagenten der PRRSV-freie Status wieder hergestellt (10).

Unabhängig von der Art der Sanierung ging diese in der Regel von den sauenhaltenden Betrieben, insbesondere den Ferkelerzeugern, aus, welche die dann unverdächtigen Ferkel an Mastbetriebe verkauften. Aus diesem Grund lag der Fokus der Überwachung auf den Zuchtbetrieben. Beim Vergleich der Betriebsformen in Thüringen fällt deshalb auf, dass die Mastbetriebe zu einem größeren Anteil positiv waren als die sauenhaltenden Betriebe. Mastbetriebe wurden insbesondere dann untersucht, wenn klinische Probleme im Bestand auftraten und eine

Ergebnisse

PRRSV-Infektion differenzialdiagnostisch abgeklärt wurde. Eine regelmäßige Untersuchung mit gezielt angestrebter Sanierung des Bestands wie bei sauenhaltenden Betrieben fand nur in Ausnahmefällen statt. In Sachsen ist der Unterschied zwischen Mastbetrieben und sauenhaltenden Betrieben nur bis zum 3. Jahr vorhanden, da die Zahl der positiven Mastbetriebe in den ersten Jahren stark abnahm. Da diese häufig feste Handelsbeziehungen mit den Ferkelerzeugerbetrieben hatten, räumten viele Mäster gleichzeitig mit der Sanierung des Herkunftsbetriebs der Läufer auch ihren eigenen Bestand. Anschließend wurden die Stallungen mit den unverdächtigen Tieren neu belegt und in diesem Zusammenhang eine Überwachung der dann unverdächtigen Bestände über das Monitoring-Programm eingeführt.

Da die Mastbetriebe nicht wie die sauenhaltenden Betriebe im Fokus der Programme liegen, wurde eine Abhängigkeit der Positivität des PRRS-Status von der Betriebsgröße nur für sauenhaltende Betriebe anhand der Zahl gehaltener Sauen getestet. Bei einer retrospektiven Risikoanalyse ermittelten Mortensen et al. (9) die Herdengröße als Risikofaktor für den Eintrag des Virus in dänische Herden. Die Autoren vermuteten den Grund in der Infektiosität des Virus. In einer anderen Studie (26) wurde bei einem Vergleich stabiler und instabiler Herden, gemessen an der PCR-Positivität einer Herde, die Zahl der gehaltenen Sauen aufgrund der Vielzahl der damit zusammenhängenden Faktoren aus dem finalen Modell ausgeschlossen. In dem vorherigen univariablen Modell waren instabile Herden jedoch signifikant größer, wie auch in der vorliegenden Studie die untersuchten Betriebe mit mehr gehaltenen Sauen in Sachsen mehr AK- und PCR-Nachweise aufwiesen als kleinere Betriebe.

Die Tatsache, dass in den Betriebsjahren, in denen eine Impfung gegen PRRSV erfolgte, zu einem höheren Anteil positive AK-Befunde auftraten, ist aufgrund der Impfreaktion erklärlich. Die geimpften Tiere bilden Antikörper gegen das PRRSV aus, die ohne Weiteres nicht von Feldantikörpern unterschieden werden können. Aufgrund dessen erhielten diese Betriebe stets einen PRRS-AK-positiven Status. Auch in einer anderen Studie wurde der häufige Einsatz von Lebendimpfstoff im Gegensatz zu Totimpfstoff als Risikofaktor für vermehrte Antikörperbefunde beschrieben (27). Eine Impfung kommt in der Regel zum Einsatz, um den Bestand zu stabilisieren, indem die Tiere vor einer Infektion geschützt und die Ausscheidung des Erregers reduziert werden soll. Damit lassen sich die klinischen und wirtschaftlichen Folgen verringern. Im Fall der PRRS-Impfung ist eine Verhinderung der Infektion nicht vollständig möglich (28, 29). Gleichwohl wird diese Impfung zur Stabilisierung von Beständen eingesetzt (26, 29, 30). Im Gegensatz dazu zeigte das Ergebnis unserer Studie in Betriebsjahren mit Impfung eine höhere Nachweisrate von Virusgenom. Positive PCR-Befunde deuten jedoch auf eine hohe Viruszirkulation und damit auf eine instabile Herde hin (31). Es wäre also anzunehmen, dass sich

Ergebnisse

die Betriebsleiter immer dann für eine Impfung entschieden, wenn die PRRSV-Infektion mit klinischen und wirtschaftlichen Folgen verbunden war und es darum ging, die Herde zu stabilisieren. Häufig wurde im nächsten Schritt nach Reduktion der Viruszirkulation die Impfung abgesetzt. Dies könnte erklären, weshalb in Betriebsjahren ohne Impfung weniger positive Genomnachweise festzustellen waren. Aufgrund der in dieser Studie nicht erfolgten Unterscheidung zwischen Impf- und Feldviren ist auch denkbar, dass die erhöhten PCR-Nachweise in den Betriebsjahren mit Impfung von Impfviren stammten. Da bekannt ist, dass die PRRS-Viren eine hohe Mutationsrate besitzen und Virulenzgene zwischen Impf- und Feldstämmen ausgetauscht werden können (32, 33), sollte eine hohe Viruszirkulation im Bestand stets vermieden werden. Nach erfolgreicher Stabilisierung sollte deshalb eine weitere Bestandsimpfung, insbesondere unter Einsatz von Lebendimpfstoff gegen PRRSV, einer kritischen Prüfung unterliegen und überlegt werden, ob andere Maßnahmen eventuell einen ähnlichen Erfolg haben können.

Anders als bei den PCR-Untersuchungen, die sehr spezifisch das Genom des PRRSV erkennen, ist die Spezifität der routinemäßig eingesetzten serologischen Tests limitiert. Für den in beiden Bundesländern verwendeten PRRSV Ab ELISA X3 (Idexx Laboratories, Inc., Westbrook, Maine, USA) gibt der Hersteller eine Spezifität von 99,9% an. Bei 1000 untersuchten Blutproben ergäbe sich damit ein falsch-positives Ergebnis. Da dies für unverdächtige Betriebe bedeuten würde, dass ihr Status der Unverdächtigkeit infrage gestellt würde, muss es für solche Fälle die Möglichkeit einer Abklärung dieser Befunde geben. In Thüringen und Sachsen erfolgt dies anhand der Arbeitsanweisung der Schweinegesundheitsdienste (17), die von einer Arbeitsgruppe der in Deutschland, Österreich, Schweiz und den Niederlanden tätigen Schweinegesundheitsdienste erstellt wurde. Danach muss bei Auftreten eines positiven Befunds in einem zertifiziert unverdächtigen Bestand eine Nachuntersuchung des betreffenden Tieres sowie von 10 Kontakttieren mittels ELISA und RT-PCR erfolgen. Bei negativem Ergebnis der Untersuchung gilt der Befund als falsch-positiv. Eine andere Möglichkeit der Abklärung ist die Nachuntersuchung der fraglichen Probe mit einem weiteren Testsystem, z. B. einem Immunfluoreszenz-Antikörper-Test (IFAT) (1, 2). Wie der Vergleich der Abb. 1a und 1b zeigt, traten regelmäßig in einzelnen sanierten Betrieben positive Befunde auf. Deshalb sollte in unverdächtigen Betrieben von der Möglichkeit der Abklärung Gebrauch gemacht werden, um den Status der Unverdächtigkeit zu erhalten oder im Fall eines tatsächlichen PRRS-Einbruchs diesen schnell zu bestätigen, damit weitere Maßnahmen ergriffen werden können.

Die Federführung über die Sanierungsprogramme in Sachsen und Thüringen liegt bei den Schweinegesundheitsdiensten dieser Bundesländer, die einen Überblick über den Status der Betriebe sowie die Ergebnisse blutserologischer Untersuchungen in diesen Beständen haben.

Ergebnisse

Durch deren regelmäßige Bestandsbesuche werden die teilnehmenden Betriebe stets auf dem neuesten Wissensstand gehalten und erhalten eine kompetente Beratung in fraglichen Situationen, wie im Fall einer PRRS-Infektion oder bei der Durchführung einer Sanierung. Da außerdem die jeweiligen Tierseuchenkassen durch die Möglichkeit der Erstattung der Kosten für die Untersuchungen einen Anreiz für die Beteiligung an den Programmen bieten, ist diese hoch (TH: 63,9 % aller Betriebe mit mehr als 10 Sauen oder mehr als 500 Mastschweinen, 88,8 % der mehr als 10 Sauen haltenden Betriebe; SN: 41,8 % aller Betriebe mit mehr als 10 Sauen oder mehr als 500 Mastschweinen, 53,5 % der mehr als 10 Sauen haltenden Betriebe) und damit aussagekräftig für die Regionen. Für diese Studie wurden nur Betriebe mit aktiver Beteiligung an den Untersuchungen über 3 oder mehr Jahre ausgewertet, da ein zeitlicher Verlauf und die Entwicklung der Befunde im Laufe der Jahre betrachtet werden sollten. Des Weiteren wurden Jahre mit weniger als 25 blutserologisch untersuchten Proben aus der Auswertung ausgeschlossen. An ihre Grenzen kommt diese Studie bei einem Vergleich der Betriebsformen, da in beiden Bundesländern in erster Linie sauenhaltende Betriebe (Ferkelerzeuger und Kombibetriebe) an den Programmen teilnahmen und Mastbetriebe nicht in gleichem Maße vertreten waren. Im Ergebnis dieser Studie zeigt sich in beiden Bundesländern im Betrachtungszeitraum von 8 Jahren eine starke Reduktion des Anteils PRRSV-positiver Betriebe. Ein Abschluss der Sanierung der gesamten Regionen ist jedoch noch nicht in Sicht. Es gibt einige Betriebe, die seit Jahren auf eine Teilnahme an den Programmen verzichten, was sich unter den Bedingungen einer freiwilligen Teilnahme wahrscheinlich nicht ändern wird.

Fazit für die Praxis

Eine PRRS-Sanierung auf betrieblicher Ebene ist möglich. Für freiwillige Programme besteht die Einschränkung, dass nicht alle Betriebe zur Teilnahme motiviert werden können. In wenig schweinedichten Regionen stellt dies für die sanierungswilligen Bestände kein Hindernis dar. Im Verlauf einer Sanierung bei laufender Produktion sollte nach erfolgreicher Stabilisierung des Bestandes der weitere Einsatz einer Impfung, insbesondere unter Verwendung eines Lebendimpfstoffs, kritisch abgewogen werden. Ebenso bedeutend sind in diesem Zusammenhang die Diagnostik zur Statusüberwachung und deren Interpretation, um anhand der vorliegenden Laborbefunde keine falsche Statuszuordnung vorzunehmen.

Erklärung zum Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass keine geschützten, finanziellen, beruflichen oder anderweitigen Interessen an einem Produkt oder einer Firma bestehen, welche die in dieser Veröffentlichung genannten Inhalte oder Meinungen beeinflussen können.

Danksagung

Die Autoren danken den Mitarbeitern der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen insbesondere dem Fachgruppenleiter Serologie und Virologie Dr. Muluneh sowie des Tiergesundheitsdienst-Labors in Jena unter der Leitung von Dr. Jost und Dr. Einax.

Literaturverzeichnis

1. Carlsson U, Wallgren P, Renström LHM, Lindberg A, Eriksson H, Thorén P et al. Emergence of porcine reproductive and respiratory syndrome in Sweden: detection, response and eradication. *Transbound Emerg Dis* 2009; 56(4):121–131. doi: 10.1111/j.1865-1682.2008.01065.x.
2. Corzo CA, Mondaca E, Wayne S, Torremorell M, Dee S, Davies P et al. Control and elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Res* 2010; 154:185–192. doi: 10.1016/j.virusres.2010.08.016.
3. Dee S, Joo H, Polson D, Park BK, Pijoan C, Molitor TW et al. Evaluation of the effects of nursery depopulation on the persistence of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and the productivity of 34 farms. *Vet Rec* 1997; 140:247–248.
4. Le Potier M-F, Blanquefort P, Morvan E, Albina E. Results of a control programme for the porcine reproductive and respiratory syndrome in the French ‘Pays de la Loire’ region. *Vet Microbiol* 1997; 55(1-4):355–360.
5. Rathkjen PH, Dall J. Control and eradication of porcine reproductive and respiratory syndrome virus type 2 using a modified-live type 2 vaccine in combination with a load, close, homogenise model: an area elimination study. *Acta Vet Scand* 2017; 59(4):1–12. doi: 10.1186/s13028-016-0270-z.
6. Holtkamp D, Kliebenstein J, Neumann E, Zimmerman J, Rotto H, Yoder T et al. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. *J Swine Health Prod* 2013; 21(2):72–84.
7. Nathues H, Alarcon P, Rushton J, Jolie R, Fiebig K, Jimenez M et al. Modelling the economic efficiency of using different strategies to control Porcine Reproductive & Respiratory Syndrome at herd level. *Prev Vet Med* 2018; 152:89–102. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.02.005.
8. Rowland R, Morrison R. Challenges and opportunities for the control and elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Transbound Emerg Dis* 2012; 59:55–59. doi: 10.1111/j.1865-1682.2011.01306.x.
9. Mortensen S, Stryhn H, Søgaard R, Boklund A, Stärk KDC, Christensen J et al. Risk factors for infection of sow herds with porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus. *Prev Vet Med* 2002; 53(1-2):83–101.
10. Nathues C, Perler L, Bruhn S, Suter D, Eichhorn L, Hofmann M et al. An Outbreak of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus in Switzerland Following Import of Boar Semen. *Transbound Emerg Dis* 2016; 63(2). doi: 10.1111/tbed.12262.

Ergebnisse

11. Dee S, Otake S, Oliveira S, Deen J. Evidence of long distance airborne transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Vet Res* 2009; 40(4):39. doi: 10.1051/vetres/2009022.
12. Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMA-S-GFF). Schutz der Schweinebestände vor Infektionen mit Viren des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS). ThürStAnz Nr. 6/2011; 186
13. Duinhof T, van Schaik G, van Esch EJB, Wellenberg GJ. Detection of PRRSV circulation in herds without clinical signs of PRRS: comparison of five age groups to assess the preferred age group and sample size. *Vet Microbiol* 2011; 150:180–184. doi: 10.1016/j.vetmic.2011.01.001.
14. Rovira A, Reicks D, Muñoz-Zanzi C. Evaluation of surveillance protocols for detecting porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in boar studs by simulation modeling. *J Vet Diagn Invest* 2007; 19(5):492–501. doi: 10.1177/104063870701900506.
15. Corbellini LG, Schwermer H, Presi P, Thür B, Stärk KDC, Reist M. Analysis of national serological surveys for the documentation of freedom from porcine reproductive and respiratory syndrome in Switzerland. *Vet Microbiol* 2006; 118(3-4):267–273. doi: 10.1016/j.vetmic.2006.07.018.
16. Sattler T, Wodak E, Revilla-Fernández S, Schmoll F. Comparison of different commercial ELISAs for detection of antibodies against porcine respiratory and reproductive syndrome virus in serum. *BMC Vet Res* 2014; 10(300):1–6. doi: 10.1186/s12917-014-0300-x.
17. Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste. Verfahrensweise zur Feststellung und Überwachung der PRRS-Unverdächtigkeit von Schweine haltenden Betrieben durch den Schweinegesundheitsdienst. 05.04. Aufl.; 22.09.2016. <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/2016-09-22%20AAW%20201%20Version%205%2004%20Endfassung.pdf> vom 29.10.2019
18. Christopher-Hennings J, Faaberg K, Murtaugh M, Nelson E, Roof M, Vaughn E et al. Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) diagnostics: Interpretation and limitations. *J Swine Health Prod* 2002; 10(5):213–218.
19. Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz, Sächsische Tierseuchenkasse. Neufassung des Programms des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz und der Sächsischen Tierseuchenkasse zum Schutz der Schwei-

Ergebnisse

- nebestände vor der Infektion mit dem Virus des Porcinen Reproduktiven und Re-spiratorischen Syndroms (PRRS) vom 9. November 2015. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/16871-Programm-PRRS> vom 29.10.2019
20. Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMA-S-GFF). Programm zur Förderung der Tiergesundheit in Schweinebeständen in Thüringen. Thür-StAnz Nr. 16/2008; 566-567
 21. Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste. Biosecurity-Voraussetzungen für die Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit von schweinehaltenden Betrieben. 3. Aufl.; 22.09.2016. <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/2016-09-22%20FOB1%20Version%2003%20Checkliste%20Endfassung.pdf> vom 29.10.2019
 22. Kleiboeker SB, Schommer SK, Lee S-M, Watkins S, Chittick W, Polson D. Simultaneous detection of North American and European porcine reproductive and respiratory syndrome virus using real-time quantitative reverse transcriptase-PCR. *J Vet Diagn Invest* 2005; 17(2):165–170. doi: 10.1177/104063870501700211.
 23. Mardassi H, Wilson L, Mounir S, Dea S. Detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and efficient differentiation between Canadian and European strains by reverse transcription and PCR amplification. *J Clin Microbiol* 1994; 32(9):2197–2203.
 24. Pesch S. Etablierung einer Nachweismethode für die zwei Genotypen von dem porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) und ein Beitrag zu seiner molekularen Epidemiologie [Dissertation]. Leipzig: Universität Leipzig; 2003.
 25. Fetzer C, Pesch S, Ohlinger VF. High risk of false positive results in a widely used diagnostic test for detection of the porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV). *Vet Microbiol* 2006; 115(1-3):21–31. doi: 10.1016/j.vetmic.2006.01.001.
 26. Nathues C, Janssen E, Duengelhof A, Nathues H, Grosse Beilage E. Cross-sectional study on risk factors for Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus sow herd instability in German breeding herds. *Acta Vet Scand* 2018; 60(57):1–8. doi: 10.1186/s13028-018-0411-7.
 27. Velasova M, Alarcon P, Williamson S, Wieland B. Risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection and resulting challenges for effective disease surveillance. *BMC Vet Res* 2012; 8(184):1–14.
 28. Haiwick G, Hermann J, Roof M, Fergen B, Philips R, Patterson A. Examination of viraemia and clinical signs after challenge with a heterologous PRRSV strain in PRRS Type 2 MLV vaccinated pigs: A challenge-dose study. *PLoS ONE* 2018; 13(12). doi: 10.1371/journal.pone.0209784.

Ergebnisse

29. Kroll J, Piontkowski M, Kraft C, Coll T, Gomez-Duran O. Initial vaccination and revaccination with Type I PRRS 94881 MLV reduces viral load and infection with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Porcine Health Manag* 2018; 4:23. doi: 10.1186/s40813-018-0096-3.
30. Linhares D, Cano JP, Wetzell T, Nerem J, Torremorell M, Dee S. Effect of modified-live porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSv) vaccine on the shedding of wild-type virus from an infected population of growing pigs. *Vaccine* 2012; 30(2):407–413. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.10.075.
31. Holtkamp D, Polson D, Torremorell M, Morrison R, Classen D, Becton L et al. Terminology for classifying swine herds by porcine reproductive and respiratory syndrome virus status. *J Swine Health Prod* 2011; 19(1):44–56.
32. Eclercy J, Renson P, Lebret A, Hirchaud E, Normand V, Andraud M et al. A Field Recombinant Strain Derived from Two Type 1 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV-1) Modified Live Vaccines Shows Increased Viremia and Transmission in SPF Pigs. *Viruses* 2019; 11(3). doi: 10.3390/v11030296.
33. Liu P, Bai Y, Jiang X, Zhou L, Yuan S, Yao H et al. High reversion potential of a cell-adapted vaccine candidate against highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome. *Vet Microbiol* 2018; 227:133–142. doi: 10.1016/j.vetmic.2018.10.004.

Ergebnisse

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anzahl (n) und mittlere Herdengröße der Betriebe, kategorisiert nach Betriebsform in Ferkelerzeuger (FE), kombinierte Betriebe (Kombi) und Mastbetriebe (Mast)

Table 1: Number (n) and mean size of the investigated herds, categorized in piglet producers (FE), combined farms (Kombi) and finishers (Mast)

Region	Betriebs- kategorie	Betriebe (n)	Mittlere Her- dengröße	Minimum	Maximum
beide Bun- desländer	FE ¹⁾	75	1390	60	9826
	Kombi ¹⁾	42	376	12	1528
	Mast ²⁾	46	4644	80	27174
Thüringen	FE ¹⁾	39	1625	60	9826
	Kombi ¹⁾	32	349	20	1341
	Mast ²⁾	23	4993	411	27174
Sachsen	FE ¹⁾	36	1136	134	3248
	Kombi ¹⁾	10	463	12	1528
	Mast ²⁾	23	4295	80	17057

¹⁾ Anzahl Sauen ab erster Belegung, ²⁾ Anzahl der gehaltenen Tiere

Ergebnisse

Tab. 2: Anteil Antikörper- und PCR-positiver Betriebe in Thüringen bezogen auf die im jeweiligen Jahr untersuchten Betriebe (n gesamt), Angabe als Mittelwert \pm Standardfehler

Table 2: Investigated herds in Thuringia with positive antibody and PCR test results in relation to all examined herds in the particular year (n gesamt), given as mean \pm standard error

Betriebe	Jahr	n gesamt	Positiver PRRSV-Antikörper-Status		Positiver PRRSV-PCR-Status	
			Mittelwert (in %)	Standardfehler	Mittelwert (in %)	Standardfehler
alle	1	58	69,0 ^a	6,1	55,2 ^a	6,6
	2	57	59,7 ^{ab}	6,6	49,1 ^a	6,7
	3	78	57,7 ^{ab}	5,6	44,8 ^{ab}	5,7
	4	79	53,1 ^{ab}	5,6	39,2 ^{ab}	5,5
	5	74	55,4 ^{ab}	5,8	35,1 ^{ab}	5,6
	6	72	44,4 ^{ab}	5,9	23,6 ^b	5,0
	7	74	40,5 ^b	5,7	28,4 ^b	5,3
	8	70	40,0 ^b	5,9	28,6 ^b	5,4
Ferkel-erzeuger	1	22	63,6	10,5	50,0	10,9
	2	26	50,0	10,0	30,8	9,2
	3	34	50,0	8,7	38,2	8,5
	4	35	51,4	8,6	34,3	8,1
	5	34	47,1	8,7	26,5	7,7
	6	32	31,3	8,3	18,8	7,0
	7	31	29,0	8,3	22,6	7,6
	8	28	28,6	8,7	25,0	8,3
kombi-nierte Betriebe	1	23	69,6	9,8	56,5	10,6
	2	21	66,7	10,5	61,9	10,9
	3	30	63,3	8,9	56,7	9,2
	4	30	60,0	9,1	46,7	9,3
	5	27	63,0	9,5	40,7	9,6
	6	25	52,0	10,2	16,0	7,5
	7	28	53,6	9,6	28,6	8,7
	8	27	48,2	9,8	33,3	9,2
Mast-betriebe	1	12	83,3	11,2	67,7	14,2
	2	9	77,8	14,7	77,8	14,7
	3	13	69,2	13,3	38,5	14,0
	4	13	46,2	14,4	38,5	14,0
	5	11	63,6	15,2	54,6	15,7
	6	12	66,7	14,2	50,0	15,1
	7	12	41,7	14,9	41,7	14,9
	8	13	53,9	14,4	30,8	13,3

^{ab} unterschiedliche Buchstaben: $p < 0,05$ (Bonferroni-korrigierter Post-hoc-Test)

Ergebnisse

Tab. 3: Anteil Antikörper- und PCR-positiver Betriebe in Sachsen bezogen auf die im jeweiligen Jahr untersuchten Betriebe (n gesamt), Angabe als Mittelwert \pm Standardfehler

Table 3: Investigated herds in Saxony with positive antibody and PCR test results in relation to all herds examined in the particular year (n gesamt), given as mean \pm standard error

Betriebe	Jahr	n gesamt	Positiver PRRSV-Antikörper-Status		Positiver PRRSV-PCR-Status	
			Mittelwert (in %)	Standardfehler	Mittelwert (in %)	Standardfehler
alle	1	40	27,5 ^a	7,2	20,0 ^a	6,4
	2	43	18,6 ^{ab}	6,0	7,0 ^{ab}	3,9
	3	56	12,5 ^{ab}	4,5	5,4 ^b	3,0
	4	54	13,0 ^{ab}	4,6	3,7 ^b	2,6
	5	50	4,0 ^b	2,8	0,0 ^b	0,0
	6	49	8,2 ^{ab}	4,0	4,1 ^b	2,9
	7	57	10,5 ^{ab}	4,1	1,8 ^b	1,8
	8	53	5,7 ^b	3,2	0,0 ^b	0,0
Ferkel-erzeuger	1	19	26,3	10,4	15,8	8,6
	2	21	19,1	8,8	14,3	7,8
	3	26	15,4	7,2	11,5	6,4
	4	25	16,0	7,5	4,0	4,0
	5	24	4,2	4,2	0,0	0,0
	6	23	8,7	6,0	4,4	4,3
	7	30	16,7	6,9	3,3	3,3
	8	27	11,1	6,2	0,0	0,0
kombinierte Betriebe	1	7	14,3	14,3	14,3	14,3
	2	9	11,1	11,1	0,0	0,0
	3	8	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	10	10,0	10,0	0,0	0,0
	5	7	14,3	14,3	0,0	0,0
	6	6	0,0	0,0	0,0	0,0
	7	6	0,0	0,0	0,0	0,0
	8	5	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastbetriebe	1	11	45,5	15,7	36,4	15,2
	2	10	30,0	15,3	0,0	0,0
	3	17	17,7	9,5	0,0	0,0
	4	15	13,3	9,1	6,7	6,7
	5	15	0,0	0,0	0,0	0,0
	6	15	13,3	9,1	6,7	6,7
	7	17	5,9	5,9	0,0	0,0
	8	16	0,0	0,0	0,0	0,0

^{ab} unterschiedliche Buchstaben: $p < 0,05$ (Bonferroni-korrigierter Post-hoc-Test)

Ergebnisse

Tab. 4: Zahl gehaltener Sauen in den Studienbetrieben in Abhängigkeit vom Antikörperstatus in Thüringen und in Sachsen, Angabe von Median, 25 %- und 75 %-Quartil

Table 4: Number of sows in the investigated herds in Thuringia and Saxony dependent on the antibody status, given as median, 25 % and 75 % quartile

Bundesland	Antikörperstatus	Sauenzahl			p-Wert
		Median	25%-Quartil	75%-Quartil	
beide Bundesländer	negativ	668	219	1519	0,071
	positiv	447	214	986	
Thüringen	negativ	637	133	1341	0,567
	positiv	429	195	868	
Sachsen	negativ	736	376	1534	0,018
	positiv	1150	986	1942	

Ergebnisse

Tab. 5: Zahl gehaltener Sauen in den Studienbetrieben in Abhängigkeit vom PCR-Status in Thüringen und in Sachsen, Angabe von Median, 25 %- und 75 %-Quartil

Table 5: Number of sows in the investigated herds in Thuringia and Saxony dependent on the PCR status, given as median, 25 % and 75 % quartile

Bundesland	PCR-Status	Sauenzahl			p-Wert
		Median	25%-Quartil	75%-Quartil	
beide Bundesländer	negativ	637	195	1359	0,778
	positiv	607	286	1149	
Thüringen	negativ	554	147	1315	0,146
	positiv	447	275	978	
Sachsen	negativ	769	330	1533	0,001
	positiv	1942	1182	2070	

Ergebnisse

Tab. 6: Anteil der Betriebsjahre mit positivem Antikörper- und PCR-Status in Betrieben mit oder ohne Impfung gegen PRRS abhängig vom Sanierungsstatus

Table 6: Proportion of years in which herds had a positive antibody or PCR status with or without the use of vaccination against PRRS dependent on the status of elimination

		Antikörperstatus positiv		PCR-Status positiv	
		PRRS-Impfung nein	ja	PRRS-Impfung nein	ja
Sanierungsstatus	immer unverdächtig (n=126)	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
	unverdächtig saniert (n=222)	13,64 %	47,06 %	8,44 %	25,00 %
	positiv (n=70)	78,57 %	100,00 %	57,14 %	69,05 %
Mann-Whitney-U-Test		p < 0,001		p < 0,001	

Ergebnisse

Tab. 7: Anteil der Jahre mit dem Status PRRS-positiv in sanierten Betrieben in Thüringen und Sachsen (Betriebsjahre), die im Jahr der Sanierung (Jahr 0) bzw. in den Jahren vor und nach der Sanierung positive Antikörperbefunde (AK) mit/ohne Abklärungsuntersuchung bzw. positive PCR-Befunde hatten

Table 7: Proportion of years with the classification PRRS-positive for herds in Thuringia and Saxony which had positive antibody test results (AK) with/without confirmation tests or positive PCR results before, in (Jahr 0) and after the year of PRRSV elimination

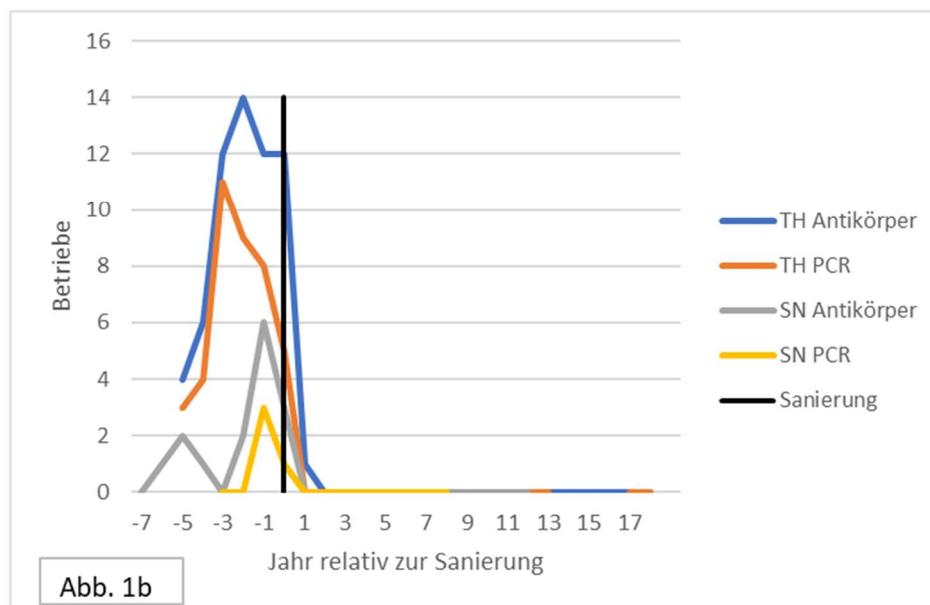
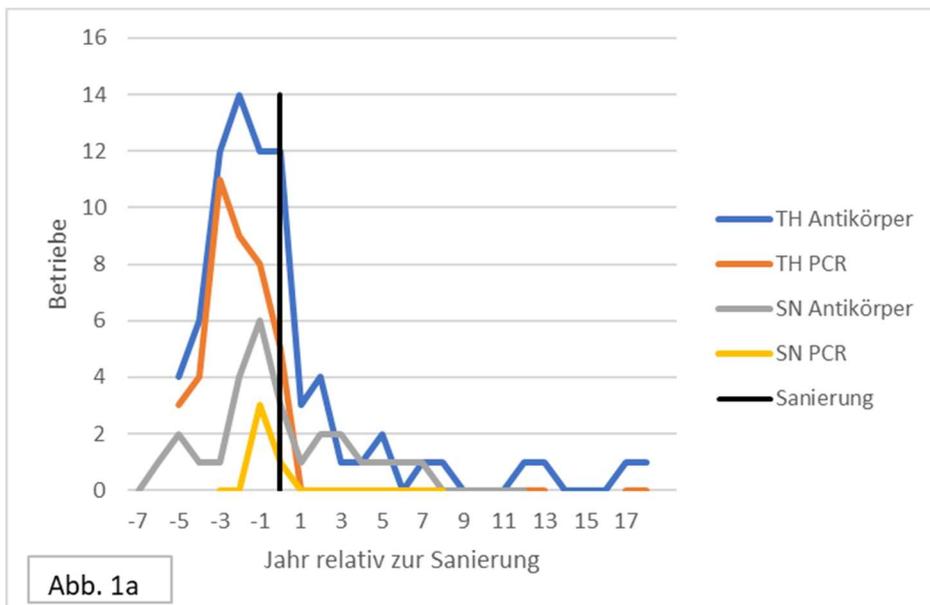
Bundesland	Befunde	Betriebsjahre mit dem Status PRRS-positiv (in %)		
		Vor Sanierung	Jahr 0	Nach Sanierung
Thüringen	AK ohne Abklärung	90,7	66,7	12,3
	AK mit Abklärung	90,7	66,7	0,7*
	PCR positiv	67,9	33,3	0,0
Sachsen	AK ohne Abklärung	60,0	42,9	18,4
	AK mit Abklärung	48,0	42,9	0,0
	PCR positiv	41,7	33,3	0,0

*Antikörper bei Altsauen in einem sauenhaltenden Betrieb

Abbildungen

Abb. 1: Anzahl der sanierten Betriebe in Thüringen (TH) und Sachsen (SN), die im untersuchten Zeitraum um das Jahr der Anerkennung als PRRSV-unverdächtiger Bestand (Sanierung) positive Antikörper-Befunde ohne (a) oder mit (b) Abklärungsuntersuchung bzw. positive PCR-Befunde hatten

Fig. 1: Number of herds in Thuringia (TH) and Saxony (SN) which eliminated PRRSV and had positive test results without (a) and with (b) clarification in the years before and after approval of the negative status (Sanierung)



3.2 Publikation 2

Beziehungen zwischen Managementfaktoren und Bestandsstatus bezüglich Infektion mit dem Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms

Eine Analyse im Verlauf eines freiwilligen PRRSV-Sanierungsprogramms in Sachsen und Thüringen

Tierärztliche Praxis Großtiere/Nutztiere 2021; 49: 30-39

DOI 10.1055/a-1308-6445

Beziehungen zwischen Managementfaktoren und Bestandsstatus bezüglich Infektion mit dem Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms

Eine Analyse im Verlauf eines freiwilligen PRRSV-Sanierungsprogramms in Sachsen und Thüringen

Association between management factors and herd status regarding Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus infection

An analysis in the course of a voluntary PRRSV control program in Saxony and Thuringia

Karina Rettenberger^{1,2}, Helga Vergara², Sabine Eger¹, Anne Klassen¹, Philipp Schwödiauer¹, Gerald Reiner³, Karsten Donat^{1,4}

¹Thüringer Tierseuchenkasse AdöR, Tiergesundheitsdienst, Jena

²Sächsische Tierseuchenkasse AdöR, Tiergesundheitsdienst, Dresden

³Klinik für Schweine (Innere Medizin und Chirurgie), Justus-Liebig-Universität, Gießen

⁴Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz, Justus-Liebig-Universität, Gießen

Korrespondierender Autor:

PD Dr. med. vet. habil. Karsten Donat

Thüringer Tierseuchenkasse

Victor-Goerttler-Straße 4

07745 Jena

kdonat@thtsk.de

Tel: +49-3641-8855-0

Fax: +49-3641-8855-55

Schlüsselwörter: PRRSV-Unverdächtigkeit, Risikofaktoren, PRRSV-Impfung, Sanierung

Zusammenfassung

Gegenstand und Ziel: In Sachsen und Thüringen, beides Bundesländer mit einer geringen Dichte kommerzieller Schweinehaltungen, wird im Rahmen eines freiwilligen Bekämpfungsprogramms eine Sanierung schweinehaltender Betriebe von der Infektion mit dem Virus des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRSV) angestrebt. In einem Teil der Betriebe verlief diese bereits erfolgreich. Ziel dieser Studie war, Managementfaktoren zu identifizieren, die mit einem positiven bzw. negativen Status bezüglich des Nachweises von PRRSV-Antikörpern (AK-Status) oder PRRSV-Genom (PCR-Status) auf Herdenebene in Beziehung stehen.

Material und Methoden: Die Datenerhebung erfolgte in 82 Betrieben einer sich in Sanierung befindlichen Region. Befunde von Untersuchungen der Jahre 2011 bis 2018 wurden jahresweise zusammengefasst und zu den abgefragten Parametern in Zusammenhang gesetzt. Ein generalisiertes lineares gemischtes Modell wurde verwendet, um mit dem AK- und PCR-Status assoziierte Faktoren zu identifizieren.

Ergebnisse: Eine negative Beziehung zum PCR-Status bestand zu den Variablen „Schwarz-Weiß-Trennung auf der Laderampe“ ($p = 0,012$), „Trennung von Jungsauen und Sauen“ ($p = 0,017$) und „Führen eines Besucherbuches“ ($p = 0,046$). Dagegen waren die Variablen „Trennung von Jungsauen und Masttieren“ ($p = 0,044$) und „getrennte Treibwege“ ($p = 0,042$) positiv mit dem PCR-Status assoziiert. Die Durchführung einer PRRSV-Impfung stand in positiver Beziehung mit dem AK- und dem PCR-Status der Betriebe ($p = 0,005$ bzw. $0,001$). Innerhalb zahlreicher Variablen wurde eine geringe Variabilität beobachtet.

Schlussfolgerung: Bestimmte Biosicherheitsmaßnahmen zur Regulierung des Tierverkehrs (Schwarz-Weiß-Trennung auf der Laderampe) oder Personenverkehrs (Besucherbuch) sowie das Management der Jungsauen tragen zu einer Reduktion von PRRSV-Infektionen und damit zu einem negativen Bestandsstatus bei.

Klinische Relevanz: Durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen kann die Ausbreitung von PRRSV in Schweinebeständen reduziert werden. Schwerpunkt ist dabei die Unterbrechung von Infektionsketten bei den Jungsauen, entweder durch eine von Altsauen separierte Eingliederung oder Immunisierung, wozu möglicherweise auch eine gemeinsame Haltung mit Mastschweinen beitragen kann.

Abstract

Objective: In Saxony and Thuringia, federal states of Germany with a low density of commercial pig farms, a voluntary program aims at controlling porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) infection. This targets the eradication of the infection on a herd level which has previously been achieved in a subset of herds. The presented study aimed at identifying management factors related with a positive or a negative PRRSV antibody status (AB status) or PRRSV genome status (PCR status) on a herd level.

Material and methods: Data were collected in 82 farms in a region implementing a voluntary PRRSV control program. The test findings for the years 2011 to 2018 were compiled for each year and associated with the interrogated parameters. A generalized linear mixed model was used to identify factors associated with the AB and PCR status.

Results: The variables ‘separation of contaminated and non-contaminated areas on the loading ramp’ ($p = 0.012$), ‘separation of gilts and sows’ ($p = 0.017$) and ‘recording of visitors in a book’ ($p = 0.046$) were negatively associated with the PCR status. In contrast, ‘separation of gilts and finishers’ ($p = 0.044$) as well as the existence of ‘separated alleyways’ ($p = 0.042$) were positively related to the PCR status. ‘Vaccination against PRRSV’ was positively associated with the AB status and the PCR status ($p = 0.005$ and 0.001 , respectively). In numerous variables, a low variability was observed.

Conclusion: Certain biosecurity measures to control the movement of animals (separation of contaminated and not contaminated areas on the loading ramp) or people (recording of visitors) contribute to a successful reduction of PRRSV infections and a negative herd status.

Clinical relevance: A combination of different measures may reduce PRRSV spread within pig herds. Breaking the infection cycle in gilts, either by separation of gilts from older sows or immunization, may be considered as a key aspect, presumably additionally supported by keeping gilts together with fattening pigs.

Key words: PRRSV suspicion, risk factors, PRRSV vaccination, eradication

Einleitung

Seit der Erreger des Porzinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS) entdeckt wurde (1), gibt es unterschiedliche Strategien zu dessen Kontrolle. Nötig ist dies aufgrund der hohen wirtschaftlichen Schäden, die eine Erkrankung mit dem PRRS-Virus (PRRSV) verursacht (2, 3). Eine Sanierung stellt dabei eine der Möglichkeiten dar, die nur dann erfolgreich sein kann, wenn eine Erregerfreiheit einer gesamten Region angestrebt wird (4–8), da eine Übertragung zwischen Beständen über die Luft auch über weite Entfernungen möglich ist (9). Hierbei muss die Schweinedichte der Region, der Abstand zu den nächsten Schweinehaltungen sowie die Beschaffenheit der Umgebung beachtet werden, da diese Faktoren das Risiko eines PRRSV-Eintrags beeinflussen (10). Eine Analyse von wirtschaftlichen Beziehungen zwischen Schweinehaltern, zum Beispiel direkt über den Verkauf von Tieren oder indirekt über Futterlieferanten, Schlachthoftransporte, die Abholung von verendeten Tieren oder den Tierarzt, kann Aufschluss über risikobehaftete Netzwerke geben (11). In den schweinedichten Regionen Nordwestdeutschlands wurden Betriebe auf Risikofaktoren untersucht, die eine Instabilität der Herde bzgl. PRRSV fördern, gemessen an der PCR-Positivität der Herde, wobei eine Säugezeit unter 21 Tagen, eine kürzere Distanz zum Kadaverlager, die Nachbarschaft zu mehr als einem weiteren Schweinestall in einer Entfernung unter 1 km sowie Beschäftigung von externen Arbeitskräften als risikobehaftete Faktoren für eine instabile Herde auftraten (12). Eine andere Studie auf der Basis von Antikörper- und Genom-Befunden ermittelte als Risikofaktoren u.a. eine hohe Schweinedichte, ein Absetzalter von weniger als 28 Tagen und den Einsatz einer PRRSV-Lebendvaccine (13). Dabei kann das Einbringen von attenuierten, aber noch vermehrungsfähigen Impfstämmen das Risiko für den Nachweis von PRRSV-Genom in der Herde erhöhen.

Die beiden deutschen Bundesländer Thüringen und Sachsen haben eine eher geringe Schweinedichte, wobei in nahezu allen Landkreisen jeweils weniger als 0,1 Großvieheinheiten (GV) Mastschweine bzw. Sauen je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche gehalten werden (14). In beiden Bundesländern gibt es freiwillige PRRSV-Bekämpfungsprogramme, die dazu dienen, eine PRRSV-Sanierung auf Bestandsebene durchzuführen und diagnostisch zu begleiten sowie anschließend den Status der Unverdächtigkeit durch ein serologisches Monitoring zu überwachen. Einige dieser Betriebe, insbesondere in Sachsen, hatten entweder nie einen PRRSV-Eintrag oder räumten kurz nach der Infektion den Bestand und ersetzten ihn mit Schweinen, die über einen Hochgesundheitsstatus (spezifisch pathogenfrei) verfügten. In anderen infizierten Betrieben wurde der Bestand nicht getauscht, sondern es gelang eine Sanierung bei laufender

Ergebnisse

Produktion, teils mit Einsatz von Impfstoffen, teils ohne. Infolgedessen ist der Anteil der Betriebe hoch, die seit einigen Jahren den Status eines PRRSV-unverdächtigen Bestands erhalten konnten. Die genauen Voraussetzungen für das Erreichen und den Erhalt des Status „PRRS-unverdächtiger Bestand“ wurden von der Arbeitsgruppe der Schweinegesundheitsdienste in einer Verfahrensweise (15) festgelegt. Aufgrund des in den Sanierungsprogrammen vorgeschriebenen Monitorings sind in beiden Bundesländern Daten zu den Untersuchungen in den schweinehaltenden Betrieben beim Schweinegesundheitsdienst zentral erfasst. Ziel der Studie war, Beziehungen zwischen dem auf diesen Untersuchungen beruhenden PRRSV-Status der Bestände und dem betrieblichen Gesundheitsmanagement zu ermitteln. Dazu wurden in den an den PRRSV-Bekämpfungsprogrammen teilnehmenden schweinehaltenden Betrieben in Thüringen und Sachsen betriebliche Faktoren erfasst und auf einen Zusammenhang zum PRRSV-Antikörper- und PRRSV-Genom-Status (AK-Status bzw. PCR-Status) des Betriebs geprüft.

Material und Methoden

Sanierungsprogramm und Untersuchungen bezüglich PRRSV

In Thüringen und Sachsen werden auf der Grundlage freiwilliger Bekämpfungsprogramme schweinehaltende Betriebe regelmäßig bezüglich ihres PRRSV-Status überwacht. In Thüringen handelt es sich um das „Programm zur Förderung der Tiergesundheit in den Schweinebeständen in Thüringen“ mit dem Modul „Schutz der Schweinebestände vor Infektionen mit Viren des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS)“ von 2011 (16). In Sachsen liegt das „Programm des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz und der Sächsischen Tierseuchenkasse zum Schutz der Schweinebestände vor der Infektion mit dem Virus des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS)“ in einer Neufassung von 2015 zugrunde (17). Die Beteiligung ist in beiden Bundesländern hoch, wobei in Sachsen 74 % und in Thüringen 96 % der sauenhaltenden Betriebe mit mindestens 10 gehaltenen Sauen an den Bekämpfungsprogrammen teilnehmen (18). Die Programme werden durch die Schweinegesundheitsdienste beider Länder aktiv betreut und die Tierseuchenkassen unterstützen die erforderlichen Laboruntersuchungen durch Beihilfen. Der Schweinegesundheitsdienst berät die Betriebe bezüglich der Optimierung der externen und internen Biosicherheit. Ziel der Programme ist eine Überwachung der PRRS-unverdächtigen Betriebe, um dort eine PRRSV-Neuinfektion möglichst schnell zu erkennen. In Thüringen wird außerdem eine Sanierung PRRS-positiver Betriebe angestrebt und diagnostisch begleitet.

Die Laboruntersuchungen erfolgen im Tiergesundheitsdienst-Labor Jena serologisch mittels des PRRSV Ab ELISA X3 (Idexx Laboratories, Inc., Westbrook, Maine, USA) sowie moleku-

Ergebnisse

larbiologisch mittels nested PCR nach Mardassi (19) modifiziert nach Pesch (20), die europäische und nordamerikanische Genotypen des PRRSV gleichermaßen nachweist. In Sachsen werden die Blutproben an der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen serologisch mit der gleichen Methode und molekularbiologisch mittels Multiplex-TaqMan Real-Time Reverse Transcriptase (RT) PCR zum Nachweis von PRRSV-EU- bzw. -NA-Genotyp-spezifischen Nukleinsäuren (21) untersucht. PRRS-unverdächtige Betriebe wurden in der Regel ausschließlich serologisch untersucht. Lediglich bei Eberstationen und speziellen Jungsauvermehrern beinhaltete das Monitoring ELISA und RT-PCR. Die Stichprobengröße richtete sich in beiden Bundesländern nach der Arbeitsanweisung der Schweinegesundheitsdienste (15). Diese fordert für Sauenhaltungen eine mindestens halbjährliche Untersuchung, die geeignet ist, eine Krankheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % zu detektieren, wenn sie sich mit einer Prävalenz von mindestens 20 % innerhalb eines Bestands verbreitet hat. Für eine Bestandsgröße von 200 und mehr Tieren ist hierfür eine Stichprobe von 14 Tieren erforderlich (15). In Thüringen erfolgte das Monitoring der sauenhaltenden Betriebe ab 200 Sauen jedoch mit einer größeren Stichprobe (30 Tiere aus verschiedenen Altersgruppen), in Sachsen mit derselben höheren Stichprobe und gesteigerter Frequenz (vierteljährlich). Bei kleineren Betrieben war die Stichprobe geringer, umfasste jedoch mindestens 25 Proben im Jahr (16, 17, 22). In Mastbetrieben wurden ebenfalls halbjährlich 30 Proben aus verschiedenen Altersgruppen genommen. Die Befragung erstreckte sich auf diejenigen Betriebe, für die über einen Zeitraum von mindestens 4 Jahren Untersuchungsbefunde bezüglich PRRSV vorlagen.

Betriebsspezifische Faktoren

Die Faktoren wurden mithilfe eines Erfassungsbogens erhoben. Zur bestmöglichen Standardisierung der Merkmalerfassung wurden die Ausprägungen der Managementfaktoren im Rahmen der Evaluierung vor Beginn der Studie ausführlich von den 3 Personen, welche die Befragungen durchführten, diskutiert und anschließend festgelegt. Vor Beginn der Befragung erfolgte eine Evaluierung und Optimierung des Erfassungsbogens mit je 5 Tierärzten und Tierhaltern. Er wurde in den Betrieben im Rahmen der Studie einmalig vom jeweils zuständigen Schweinegesundheitsdienst gemeinsam mit dem Betriebs- oder dem Anlagenleiter und nach Möglichkeit mit dem Hoftierarzt ausgefüllt.

Um Veränderungen in den erfassten Merkmalen in den Betrieben im Laufe der Jahre Rechnung zu tragen, wurde jeweils der Zustand des Faktors abgefragt, der im Jahr vor der Sanierung vorlag, also als der Bestand letztmalig „positiv“ war und im Folgejahr seine Anerkennung als

Ergebnisse

PRRS-unverdächtiger Bestand erhielt („negativ“). Sofern ein Betrieb keine erfolgreiche Sanierung durchgeführt hatte und den positiven Status bis zum Studienende behielt, wurde der Zustand zum Studienende erfasst. Das gilt auch für solche Betriebe, die nie PRRSV-infiziert waren und somit keine Sanierung durchführen mussten.

Die Fragen umfassten die Bereiche Tiergesundheit, Impfregime, Produktions- und Hygienemanagement, interne und externe Biosicherheit sowie allgemeine Fragen zur Lage des Betriebs, Genetik der Tiere und Anzahl der Mitarbeiter. Zur Beurteilung der Genetik wurden die eingesetzte Sauenlinie und Eberlinie erfasst. Die Stabilität des Porzinen Circovirus Typ 2 im Bestand wurde anhand von PCR-Befunden beurteilt, soweit solche in den Betrieben vorlagen. Diese stammten aus verschiedenen Laboren und wurden mit unterschiedlichen Tests durchgeführt. Vom jeweiligen Labor als „positiv“ bewertete Befunde galten als Beleg für Instabilität. Ein negativer Actinobacillus pleuropneumoniae- und Mycoplasma hyopneumoniae- Status wurde Betrieben aufgrund von klinischen und serologischen Untersuchungen mit negativem Ergebnis und unauffälligen Schlachthofbefunden vom zuständigen Schweinegesundheitsdienst zuerkannt.

Bezüglich des PRRS-Programms wurde erfasst, ob eine Sanierung durchgeführt wurde und wie diese ablief. Dabei erfolgte eine Differenzierung zwischen einer Sanierung bei laufender Produktion (spontan oder durch Impfung), Bestandsräumung mit Neuaufbau und Teilräumung des Bestands. Des Weiteren wurde das Jahr der Sanierung und bei einer Sanierung bei laufender Produktion die Dauer der Sanierung erfasst. Insgesamt wurden ca. 50 Parameter berücksichtigt. Alle Variablen wurden soweit möglich in dichotome Variablen umgewandelt, indem ähnliche Ausprägungen, die nur in wenigen Betrieben vorkamen, zusammengefasst wurden. Die Variablen mit ihren Ausprägungen sind in Zusatztabelle 1 angegeben.

Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf PRRSV-Genom oder PRRSV-Antikörper der Jahre 2011 – 2018 wurden aus der Befunddatenbank der Thüringer Tierseuchenkasse und der Sächsischen Tierseuchenkasse (Agro Data EDV Service GmbH & Co. KG, Cottbus, Deutschland) abgefragt. Die Aufbereitung der aus den Datenbanken extrahierten Daten erfolgte mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). Für alle weiteren Berechnungen wurde die Statistiksoftware R Version 3.6.2 (2019-12-12) genutzt. Verwendung fanden das Paket corrplot, Version 0.84 für die Korrelationsmatrizes und das Paket Ime4, Version 1.1-21 für die Schätzung der Modellparameter.

Ergebnisse

Für die Analyse der Häufigkeit des Auftretens bestimmter Betriebsfaktoren in PRRSV-positiven und -negativen Betrieben wurde jedem Betrieb für jedes Jahr ein serologischer und ein molekularbiologischer Status zugeordnet. Dazu wurden die Ergebnisse eines Betriebs für jedes Jahr getrennt nach serologischen und molekularbiologischen Befunden zusammengefasst. War in einem Jahr mindestens eine der Proben serologisch bzw. molekularbiologisch positiv, erhielt der Betrieb in diesem Jahr den PRRSV-AK-Status „AK positiv“ bzw. den PRRSV-Genom-Status „PCR positiv“. Bei ausschließlich negativen Befunden wurde der Status „AK negativ“ bzw. „PCR negativ“ vergeben. PRRS-unverdächtige Betriebe, die nur Untersuchungen auf PRRSV-AK durchführten und deren Ergebnis ausschließlich negativ ausfiel, erhielten den Status „AK negativ“. Gleichzeitig wurde diesen Betrieben für diese Studie der Status „PCR negativ“ zuerkannt, da aufgrund der regelmäßigen Beprobungen mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass kein PRRSV in diesen Herden zirkuliert. Sofern in diesen Betrieben einzelne positive Proben auftraten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit als „falsch positiv“ anzusehen waren, wurden diese nach Arbeitsanweisung der Schweinegesundheitsdienste (15) durch Nachuntersuchung der Reagenten sowie von je mindestens 10 Kontakttieren mittels ELISA und RT-PCR innerhalb von zwei Wochen abgeklärt. Bei negativen Ergebnissen bekam der Betrieb im fraglichen Jahr ebenfalls den Status „AK negativ“ und „PCR negativ“. Ergab die Nachuntersuchung erneut ein positives Ergebnis, war von einer Neuinfektion der Herde auszugehen und der Betrieb erhielt im entsprechenden Jahr den Status „AK positiv“ bzw. „PCR positiv“. Die Berechnung der Modelle basiert auf den für jedes untersuchte Jahr vergebenen Status der Betriebe. Diesen jahresweise vergebenen Status wurden in einem hierarchischen Modell die einmalig erhobenen Betriebsfaktoren zugeordnet.

Aufgrund der großen Zahl der erhobenen Variablen war für die multivariablen Modelle eine Vorauswahl notwendig. Hierfür wurde mittels Chi-Quadrat-Test die Beziehung der in den Erhebungsbögen erhobenen Variablen zum PRRSV-AK- und PRRSV-PCR-Status der Jahre im betrachteten Zeitraum überprüft. Alle Variablen, die hier mit einer Wahrscheinlichkeit für den Fehler erster Art von $p < 0,1$ einen Zusammenhang mit dem AK- bzw. dem PCR-Status erkennen ließen, wurden anschließend auf Kollinearität mittels Korrelation nach Pearson geprüft. Von 2 Variablen, die einen Korrelationskoeffizienten ρ von $< -0,5$ oder $> 0,5$ aufwiesen, wurde jeweils eine davon für weitere Berechnungen ausgeschlossen. Die erste Wahl des Ausschlusses fiel auf Variablen mit mehreren Korrelationen, um möglichst viele Variablen zu erhalten. Waren beide Variablen nach diesem Kriterium gleichberechtigt, wurde die Variable mit dem höheren Interesse in die weiteren Schritte einbezogen. Mit den übrigen Variablen wurde jeweils ein generalisiertes lineares gemischtes Modell mit schrittweisem Ausschluss gerechnet, wobei

Ergebnisse

der AK-Status und der PCR-Status die Zielvariable des jeweiligen Modells darstellten. Da der PRRSV-AK- sowie PRRSV-PCR-Status jährlich über mehrere Jahre erhoben wurde, wurde der Betrieb im Modell als zufälliger Effekt („random effect“) behandelt. Der Ausschluss der Variablen erfolgte anhand des Akaike Information Criterion (AIC), bis ein Ausschluss weiterer Variablen zu keiner weiteren Verbesserung des Modells führte. Ein erneuter Einschluss von zuvor ausgeschlossenen Variablen sowie Variablen, die vor Berechnung des Modells aufgrund von Kollinearität ausgeschlossen wurden, führte ebenfalls zu keiner weiteren Verbesserung der Modelle. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Zur Beschreibung der Varianz wurden das marginale und das konditionale Pseudo- R^2 angegeben, wobei das marginale R^2 die Varianz der Betriebsfaktoren („fixed effects“) beschreibt und das konditionale R^2 die Varianz des gesamten Modells (23). Die in den Ergebnismodellen aufgeführten Variablen wurden erneut einer Kollinearitätsprüfung unterzogen (Tab. 1 und 2).

Ergebnisse

In die Auswertung für diese Studie flossen Befunde und Betriebsdaten aus 82 Herden ein, von denen im ersten ausgewerteten Jahr bereits 37 Betriebe PRRS-unverdächtig waren (45,1 %). Die Auswertung erstreckte sich insgesamt auf Labordaten aus im Mittel $5,9 \pm 2,2$ Jahren pro Betrieb. Die erhobenen Daten stammten aus 68 sauenhaltenden Betrieben (82,9 %) und 14 Mastbetrieben (17,1 %). In den sauenhaltenden Betrieben wurden am Ende des Studienzeitraums (Meldung an die Tierseuchenkasse zum Stichtag 3.1.2019) im Mittel 993 Sauen bei einer Herdengröße von 20 bis 5298 Sauen gehalten und in den Mastbetrieben im Mittel 4608 Tiere bei einer Herdengröße von 833 bis 24.324 Tieren.

In 31 Herden konnte eine erfolgreiche Sanierung verzeichnet werden (37,8 %). Diese erfolgte in 18 Betrieben durch Bestandsräumung (58,1 %), in einem durch Teilräumung des Bestands (3,2 %) und in 12 Betrieben bei laufender Produktion ohne Bestandsaustausch (38,7 %). In 11 der beobachteten Herden, die zu Beginn oder im Verlauf der Studie als PRRS-unverdächtig anerkannt waren, war im Zeitraum von 2011 bis 2018 eine Neuinfektion mit dem PRRSV festzustellen (13,4 %), wobei kontaminiertes Sperma als mögliche Ursache in Betracht gezogen wurde. In 2 dieser Herden gab es zudem Hinweise darauf, dass beim Verladen von Altsauen zur Schlachtung eine konsequente Schwarz-Weiß-Trennung auf der Verloaderampe fehlte und es deshalb zum Viruseintrag gekommen sein könnte. Letztendlich konnte die Ursache der Neuinfektionen nicht zweifelsfrei identifiziert werden.

Ergebnisse

Insgesamt 17 Betriebe (20,4 %) führten eine Impfung gegen PRRSV durch. Davon wurde in 14 Betrieben eine attenuierte Lebendvakzine verwendet (82,35 %; in 11 Betrieben europäischer Genotyp, in 3 Betrieben nordamerikanischer Genotyp).

Das Modell zur Schätzung der Beziehung der Betriebsfaktoren zum PCR-Status erklärte eine Varianz von 70,1 % (konditionales R^2) im PCR-Status. Durch die Betriebsfaktoren wurde eine Varianz von 58,4 % (marginales R^2) erklärt. Die PRRSV-Impfung der Sauen, die Trennung von Jungsau und Masttieren und getrennte Treibwege erhöhten die Wahrscheinlichkeit für einen positiven PCR-Status, während eine Schwarz-Weiß-Trennung auf der Laderampe, die Trennung von Jungsau und Altsauen und das Führen eines Besucherbuches die Wahrscheinlichkeit für einen negativen PCR-Status erhöhten (Tab 3.).

Das Modell zur Schätzung der Beziehung der Betriebsfaktoren zum AK-Status erklärte eine Varianz von 91,7 % (konditionales R^2) im AK-Status, wobei durch die Betriebsfaktoren alleine eine Varianz von 59,7 % (marginales R^2) erklärt wurde. Die Durchführung einer PRRSV-Impfung der Sauen erhöhte als einziger signifikant mit dem AK-Status korrelierender Faktor die Wahrscheinlichkeit für einen positiven AK-Status (Tab. 4).

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, betriebliche Managementfaktoren zu identifizieren, die in Beziehung zu den PRRSV-AK- und PRRSV-PCR-Status schweinehaltender Betriebe in Sachsen und Thüringen standen. Durch die regelmäßige Probennahme und Untersuchung auf das PRRSV im Rahmen der Überwachungsprogramme (16, 17) und der Begleitung dieser durch die Schweinegesundheitsdienste lagen der Auswertung für diese Studie Daten und Befunde aus den Jahren von 2011 bis 2018 zugrunde. Die Datenerhebung erfolgte in Betrieben mit unterschiedlicher Historie bezüglich PRRSV: Betriebe mit dem Status PRRS-unverdächtig nach der Verfahrensweise der Schweinegesundheitsdienste (15); Betriebe, die im Verlauf der Datenerhebung sanierten, und Betriebe, die bis zum Ende positiv bezüglich PRRSV blieben oder neu infiziert wurden. Der Verlauf der PRRS-Sanierung in den Studienbetrieben wurde in einer bereits publizierten Studie ausführlich beschrieben (18).

Mithilfe des Modells konnte gezeigt werden, dass einige der Betriebsfaktoren mit dem PCR-Status zusammenhängen. Anhand des PCR-Status war, abgesehen von Einzelfällen mit unklarem Nachweis von Feldvirus oder Impfvirus, zu erkennen, ob eine Viruszirkulation stattfand oder nicht. Beispielsweise war ein Schwarz-Weiß-Prinzip auf der Laderampe sowie das Führen eines Besucherbuches mit PCR-negativen Betrieben assoziiert. Möglicherweise sorgte in den PCR-negativen Betrieben das Bewusstsein für die Gefahr eines Erregereintrags (PRRSV oder

Ergebnisse

andere) dafür, dass diese Maßnahmen konsequenter umgesetzt wurden als in den bezüglich PRRSV instabilen Betrieben.

Der Zusammenhang zwischen der Variablen „getrennte Haltung der Jung- und Altsauen“ und dem PCR-Status muss in Verbindung mit den Bemühungen der Betriebe um eine Unterbrechung der Infektionsketten betrachtet werden. In den meisten Betrieben mit negativem PCR-Status, die häufig auch als „PRRSV-unverdächtig“ anerkannt sind, werden in der Eingliederungsphase die Jungsauen häufiger von den Altsauen getrennt gehalten, um entweder die Gefahr eines möglichen Viruseintrags zu reduzieren oder im Falle einer PRRSV-Impfung vor der Eingliederung die Ausprägung einer stabilen Immunität der Jungsauen abzuwarten. Die Immunisierung der Jungsauen vor der Eingliederung in die Sauenherde stellt in den meisten betrieblichen Sanierungskonzepten bezüglich PRRSV einen wichtigen Bestandteil dar. Es ist also einerseits möglich, dass wegen des negativen Bestandsstatus eine getrennte Haltung eingeführt wird oder andererseits die Trennung von Jung- und Altsauen während der Eingliederung einen negativen PCR-Status begünstigt.

Bezüglich der getrennten Haltung von Jungsauen und Mastschweinen zeigte unser Modell, dass bei Trennung der Jungsauen und Masttiere die Wahrscheinlichkeit für einen positiven PCR-Status steigt und bei gemeinsamer Haltung sinkt. Es wäre denkbar, dass die Jungsauen über den Kontakt zu Masttieren Kontakt zu Feldvirus haben und so vor der Eingliederung in die Sauenherde eine natürliche Immunität erwerben. Es scheint also empfehlenswert zu sein, die Jungsauen mit den Mastschweinen aufzuziehen, um Kontakt mit dem Feldvirus zu erleichtern. Idealerweise sollte jedoch Immunisierung der Jungsauen kontrolliert, also über eine Impfung erfolgen. Bei Verwendung eines inaktivierten Impfstoffs besteht zudem kein Risiko eines Einbringens von vermehrungsfähigem Virus. Ob stattdessen oder ergänzend zur Impfung eine gemeinsame Haltung von Jungsauen und Mastschweinen empfehlenswert ist oder nicht, muss für jeden Betrieb im Einzelfall entschieden werden. Dabei sollte auch beachtet werden, dass für eine Unterbrechung oder Aufrechterhaltung von Infektionsketten im Bestand viele Aspekte eine Bedeutung haben. Den Autoren sind keine anderen Studien bekannt, die den Zusammenhang von gemeinsamer oder getrennter Haltung von Jungsauen mit Masttieren oder Altsauen untersuchten und damit unsere Ergebnisse stützen oder zu gegenteiligen Empfehlungen kommen.

Sowohl bei Betrachtung des AK-Status als auch bei Betrachtung des PCR-Status zeigte der Einsatz einer PRRSV-Vakzine einen positiven Zusammenhang mit dem PRRSV-Status. Die Beziehung zwischen der durchgeführten PRRSV-Impfung und einem positiven PCR-Status lässt 2 mögliche Interpretationen zu. Eine Feldinfektion mit dem PRRSV, die eine Erkrankung

Ergebnisse

der Tiere, eine Ausscheidung des Virus und folglich dessen Verbreitung in der Herde zur Folge hat, kann in betroffenen Beständen zur Entscheidung zu einer Impfung führen. Diese soll eine weitere Virusausbreitung im Bestand verringern und den Gesundheitsstatus des Bestands stabilisieren. Allerdings könnte auch der Einsatz von Impfstoffen mit attenuiertem Lebendvirus, die in den Studienbetrieben am häufigsten verwendet wurden, zu einer Virusausscheidung führen, die sich mittels PCR nachweisen lässt. Dabei gibt es einen Unterschied in der Virusausbreitung zwischen Impfstoffen mit dem europäischen (EU) Genotyp und Impfstoffen mit dem nordamerikanischen (NA) Genotyp (24). Nur in 3 der 14 Betriebe, die einen Lebendimpfstoff einsetzten, wurde gegen Ende des Untersuchungszeitraums noch mit dem NA-Genotyp geimpft, der sich in geimpften Herden stärker verbreitet als EU-Impfvirus (24). Auch wird NA-Impfvirus häufiger in Herden gefunden, die in der Vergangenheit keine Impfung mit NA-Impfvirus durchführten (24). Da in der vorliegenden Studie keine Unterscheidung zwischen geimpften und ungeimpften Tieren erfolgte, wäre es in Einzelfällen möglich, dass die molekularbiologisch positiven Proben von geimpften Tieren stammten und dort Genom von Impfviren vom EU-Typ nachgewiesen wurde.

Der Einsatz einer PRRSV-Impfung war ebenfalls mit einem positiven AK-Status assoziiert. Geimpfte Tiere bilden durch die Vakzination mit Lebendimpfstoff Antikörper gegen PRRSV, die in den Tests nicht von Antikörpern nach Feldinfektion unterschieden werden können. Deshalb führt der Einsatz von Lebendimpfstoffen zwangsläufig zu einem positiven PRRSV-AK-Status des Betriebs. Die Beziehung zwischen der PRRSV-Impfung und dem positiven AK-Status ist also in hohem Maße zu erwarten und wurde bereits beschrieben (25).

Für einen serologisch positiven Status konnten neben dem Einsatz einer PRRSV-Impfung keine weiteren Risikofaktoren identifiziert werden. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich aufgrund der Dominanz der PRRSV-Impfung im Modell keine weitere signifikante Beziehung ermitteln ließ. Der Tatsache, dass keine weiteren Faktoren eine Korrelation mit dem AK-Status aufwiesen, kann jedoch auch zugrunde liegen, dass je nach Vorgehensweise unterschiedliche Betriebsfaktoren von Bedeutung waren, um einen negativen AK-Status zu erlangen. Anders als in einer anderen Studie (11) hingen in der vorliegenden Studie Faktoren der externen Biosicherheit nicht mit einem negativen AK-Status zusammen. Dies kann u. a. darin begründet sein, dass in sanierten Betrieben die Betriebsfaktoren erfasst wurden, wie sie zum Zeitpunkt vor der Sanierung, also mit noch positivem Status waren. Viele Betriebe, insbesondere diejenigen, die einen Bestandsaustausch vornahmen, führten erst im Zuge der Sanierung viele betriebliche Änderungen baulicher und organisatorischer Art durch, wobei v. a. Maßnahmen der externen Biosicherheit

Ergebnisse

intensiviert wurden. Daneben benötigten vermutlich insbesondere die Betriebe, die eine Sanierung ohne Bestandsaustausch durchführten, bauliche und produktionstechnische Voraussetzungen, die die Erregerausscheidung und die Weiterverbreitung des PRRSV im Bestand reduzieren konnten. Da diese Faktoren jedoch bei den anderen beiden Gruppen nicht mit dem Erreichen des negativen AK-Status zusammenhingen, konnten diesbezüglich in unserem Modell keine weiteren Beziehungen gefunden werden.

Neben den bisher diskutierten Faktoren führten mehrere Variablen als Kofaktoren zu einer Verbesserung der Modelle, ohne dass die Beziehung zu einem der beiden Status signifikant war. Hierzu zählt die in einer anderen Studie auf Einzeltierebene nachgewiesene Assoziation der erhöhten PRRS-Viruslast bei einer *Mycoplasma hyopneumoniae*-Infektion (26), die in unserem finalen Modell zum AK-Status enthalten war. Ebenso wenig erreichte die in einer anderen Studie (27) nachgewiesene Interaktion zwischen dem Nachweis von porcinen Circovirus Typ 2 und PRRSV in unserem finalen Modell zum PCR-Status Signifikanzniveau. Auch eine Impfung gegen einen der beiden Erreger konnte weder mit dem PRRSV-AK-Status noch mit dem PRRSV-PCR-Status in Verbindung gebracht werden.

Die Schwierigkeit bei der Durchführung einer Faktorenanalyse ist, dass die Faktoren eine möglichst hohe Variabilität aufweisen müssen, damit Unterschiede zwischen 2 Gruppen erkennbar werden. Aufgrund der historischen Entwicklung sind die Betriebsstrukturen in den östlichen Bundesländern und das Herdenmanagement in vielen Betrieben ähnlich. Aus diesem Grund ist die Variabilität einiger Faktoren nur eingeschränkt gegeben, was eine Auswertung dieser auf ihren Zusammenhang zum PRRSV-AK- und PRRSV-Genom-Status erschwerte. Daher besteht bei manchen Faktoren möglicherweise keine signifikante Assoziation, obwohl ein Zusammenhang denkbar wäre oder bereits gezeigt wurde. Einen Einfluss auf die Daten durch die Teilnahme an den Überwachungsprogrammen erwarten die Autoren nicht, da diese nicht an Vorschriften zu Maßnahmen der internen oder externen Biosicherheit gebunden ist. Im Rahmen der Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit wurden vom Schweinegesundheitsdienst definierte Maßnahmen zur Biosicherheit erfasst (28) und die Betriebe auf Schwachstellen hingewiesen. Die Beseitigung der Schwachstellen war eine Voraussetzung für die Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit der Betriebe, jedoch nicht für die Teilnahme am Überwachungsprogramm.

Von Vorteil für diese Studie war die umfangreiche Datengrundlage zu den Befunden der Betriebe. Sie ermöglichte es, für jeden Betrieb ein Profil über die Entwicklung von PRRSV im Bestand zu erstellen und eine Berücksichtigung von Änderungen über die Zeit zu erfassen, in-

Ergebnisse

dem die Betriebsfaktoren jedem Jahr, in dem der Betrieb auf PRRSV untersucht ließ, zugeordnet wurden. Aus diesem Grund erfolgte eine Auswertung der Befunde über mehrere Jahre, was eine deutlich differenziertere Betrachtung erlaubte als eine einmalige Statuserhebung. Dennoch war der betrachtete Zeitraum auf 8 Jahre begrenzt und bildet nur einen Teil des Sanierungsprogramms ab. Auch wurde in manchen Betrieben aufgrund anderer Prioritäten nicht jährlich auf das PRRSV untersucht, sodass nicht aus allen Betrieben Befunde aus jedem Jahr zur Verfügung standen. Einer Verzerrung der Studienergebnisse durch Betriebe, die nur wenige Jahre im betrachteten Zeitraum auf PRRSV untersuchen ließen, wurde entgegengewirkt, indem in erster Linie solche Betriebe in die Studie einbezogen wurden, die regelmäßig auf PRRSV untersuchen ließen.

Um die Variabilität zu minimieren, die durch die Erfassung der Betriebsdaten durch mehr als eine Person entstehen könnte, diskutierten die erhebenden Personen im Vorfeld alle Fragen des Erfassungsbogens (Variablen) und stimmten bei Unklarheiten die Zuordnung zu den einzelnen Ausprägungen der Variablen ab (Zusatztable 1). Gewisse Einschränkungen in der Datenqualität ergaben sich durch teils fehlende Daten aus den Betrieben. Beispielsweise lagen nicht in allen Betrieben Laborergebnisse zu den abgefragten Atemwegserregern vor. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass die abgefragten Faktoren in sanierten Betrieben retrospektiv für den Zeitpunkt erfasst wurden, als die Sanierung noch nicht abgeschlossen war. Damit sollten Risikofaktoren für positive Befunde gefunden werden können, ohne dass diese durch den Wechsel in den negativen Status einer Verzerrung unterliegen. Dabei blieb jedoch der Anteil der positiven Proben an der jeweiligen Stichprobe unberücksichtigt, da ein positiver Status bereits ab einer positiven Probe im Jahr vergeben wurde. Die dadurch entstehende Reduzierung des Informationsgehalts wurde jedoch in Kauf genommen, um eine weitere Hierarchieebene zu vermeiden, welche die Auswertung erschwert und einen größeren als den verfügbaren Datensatz erforderlich gemacht hätte. Stattdessen wurden die Status mehrerer untersuchter Jahre pro Betrieb betrachtet.

In dieser Studie konnten keine Ursache-Wirkungs-Beziehungen sondern ausschließlich Assoziationen aufgezeigt werden. Damit lassen sich keine Aussagen darüber treffen, ob bestimmte Faktoren eine Sanierung ohne Bestandsaustausch fördern oder das Risiko für eine Neuinfektion reduzieren. Um eine mögliche Ursache-Wirkungs-Beziehung zu zeigen, wäre eine Interventionsstudie oder eine Kohortenstudie erforderlich. Auch bedarf es weiterer Untersuchungen, ob die allgemeine Tiergesundheit eines Bestands ähnliche Zusammenhänge mit dem PRRSV-Status aufweist, wie dies für die Einzeltierebene in anderen Studien belegt werden konnte. In unserer Studie war feststellbar, dass ein Trennen von bestimmten Tiergruppen (Jungsauen und

Ergebnisse

Altsauen) bzw. ein gemeinsames Halten anderer Tiergruppen (Jungsauen und Mast) mit einer geringen Viruszirkulation im Bestand zusammenhängt. Es sind jedoch weiterführende Studien zu Infektionsketten und Virusverbreitung in unterschiedlichen Betriebsformen sowie zum Ablauf der Immunisierung der Jungtiere im Verlauf ihrer Aufzucht notwendig. Diese sollten berücksichtigen, ob der Bestand eine oder mehrere Standorte zur Verfügung hat, ob er eine Impfung einsetzt oder nicht und welche Tiergruppen vakziniert werden.

Fazit für die Praxis

Bestimmte Biosicherheitsmaßnahmen zur Regulierung des Tierverkehrs (Schwarz-Weiß-Trennung auf der Laderampe) oder Personenverkehrs (Besucherbuch) sowie das Management der Jungsauen sind von Bedeutung für die Reduktion von PRRSV-Eintrag oder -verbreitung im Bestand und damit für einen negativen PCR-Status. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Unterbrechung von Infektionsketten bei den Jungsauen, entweder durch Separierung der Jungsauen von den Altsauen oder ihre Immunisierung. Es ist möglich, dass eine gemeinsame Haltung von Mastscheinen und Jungsauen über den Weg einer natürlichen Immunisierung der Jungsauen zu einer Reduktion der Zirkulation von PRRSV beiträgt. Die Eingliederung der Jungsauen in den Sauenbestand sollte idealerweise nach deren Immunisierung erfolgen. Zudem zeigte sich, dass die Impfung gegen PRRSV in den von dieser Infektion betroffenen Beständen häufiger etabliert ist als in Beständen mit negativem PCR-Status.

Erklärung zum Interessenskonflikt

Die Autoren erklären, dass keine geschützten, finanziellen, beruflichen oder anderweitigen Interessen an einem Produkt oder einer Firma bestehen, welche die in dieser Veröffentlichung genannten Inhalte oder Meinungen beeinflussen können.

Danksagung

Die Autoren danken den Mitarbeitern der Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen insbesondere dem Fachgruppenleiter Serologie und Virologie Dr. Muluneh sowie des Tiergesundheitsdienst-Labors in Jena unter der Leitung von Frau Dr. Jost und Frau Dr. Einax.

Literaturverzeichnis

1. Wensvoort G, Terpstra C, Pol J, et al. Mystery swine disease in The Netherlands: the isolation of Lelystad virus. *Vet Q* 1991; 13 (3): 121–130. doi:10.1080/01652176.1991.9694296
2. Holtkamp D, Kliebenstein J, Neumann E, et al. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. *J Swine Health Prod* 2013; 21 (2): 72–84
3. Nathues H, Alarcon P, Rushton J, et al. Modelling the economic efficiency of using different strategies to control porcine reproductive & respiratory syndrome at herd level. *Prev Vet Med* 2018; 152: 89–102. doi:10.1016/j.prevetmed.2018.02.005
4. Corzo CA, Mondaca E, Wayne S, et al. Control and elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Res* 2010; 154: 185–192. doi:10.1016/j.virus-res.2010.08.016
5. Rathkjen PH, Dall J. Control and eradication of porcine reproductive and respiratory syndrome virus type 2 using a modified-live type 2 vaccine in combination with a load, close, homogenise model: an area elimination study. *Acta Vet Scand* 2017; 59 (4): 1–12. doi:10.1186/s13028-016-0270-z
6. Carlsson U, Wallgren P, Renström LHM, et al. Emergence of porcine reproductive and respiratory syndrome in Sweden: detection, response and eradication. *Transbound Emerg Dis* 2009; 56 (4): 121–131. doi:10.1111/j.1865-1682.2008.01065.x
7. Le Potier M-F, Blanquefort P, Morvan E, et al. Results of a control programme for the porcine reproductive and respiratory syndrome in the French “Pays de la Loire” region. *Vet Microbiol* 1997 (55): 355–360
8. Dee S, Joo H, Polson D, et al. Evaluation of the effects of nursery depopulation on the persistence of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and the productivity of 34 farms. *Vet Rec* 1997; 140: 247–248
9. Dee S, Otake S, Oliveira S, et al. Evidence of long distance airborne transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Vet Res* 2009; 40 (4): 39. doi:10.1051/vetres/2009022
10. Arruda AG, Vilalta C, Perez A, et al. Land altitude, slope, and coverage as risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) outbreaks in the United States. *PLoS ONE* 2017; 12 (4). doi:10.1371/journal.pone.0172638
11. Arruda AG, Friendship R, Carpenter J, et al. Network, cluster and risk factor analyses for porcine reproductive and respiratory syndrome using data from swine sites participating

Ergebnisse

- in a disease control program. *Prev Vet Med* 2016; 128: 41–50. doi:10.1016/j.prevetmed.2016.03.010
12. Nathues C, Janssen E, Duengelhof A, et al. Cross-sectional study on risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus sow herd instability in German breeding herds. *Acta Vet Scand* 2018; 60 (57): 1–8. doi:10.1186/s13028-018-0411-7
 13. Velasova M, Alarcon P, Williamson S, et al. Risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection and resulting challenges for effective disease surveillance. *BMC Vet Res* 2012; 8: 184
 14. Rohlmann C, Verhaagh M, Efken J. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Ferkelerzeugung und Schweinemast. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut; 2020. Im Internet: https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Schweinehaltung/Steckbrief_Schweine2019.pdf
 15. Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste. Verfahrensweise zur Feststellung und Überwachung der PRRS-Unverdächtigkeit von Schweine haltenden Betrieben durch den Schweinegesundheitsdienst (Stand 09/2016). Im Internet: <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/2016-09-22%20AAW%20201%20Version%205%2004%20Endfassung.pdf> vom 23.04.2020
 16. Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMAS-GFF). Programm zur Förderung der Tiergesundheit in den Schweinebeständen in Thüringen. Modul 2.3 Schutz der Schweinebestände vor Infektionen mit Viren des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS), ThürStAnz Nr. 6/2011; 186
 17. Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz, Sächsische Tierseuchenkasse. Neufassung des Programms des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz und der Sächsischen Tierseuchenkasse zum Schutz der Schweinebestände vor der Infektion mit dem Virus des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS) vom 9. November 2015. Im Internet: <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/16871-Programm-PRRS> vom 05.12.2019
 18. Rettenberger K, Vergara H, Eger S, et al. Bekämpfung des Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms in Sachsen und Thüringen. Ergebnisse zweier freiwilliger Landesprogramme in den Jahren 2011 bis 2018. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2020; 48: 80-91

Ergebnisse

19. Mardassi H, Wilson L, Mounir S, et al. Detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and efficient differentiation between Canadian and European strains by reverse transcription and PCR amplification. *J Clin Microbiol* 1994; 32 (9): 2197–2203
20. Pesch S. Etablierung einer Nachweismethode für die zwei Genotypen von dem Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) und ein Beitrag zu seiner molekularen Epidemiologie [Dissertation]. Leipzig: Universität Leipzig; 2003
21. Kleiboeker SB, Schommer SK, Lee S-M, et al. Simultaneous detection of North American and European porcine reproductive and respiratory syndrome virus using real-time quantitative reverse transcriptase-PCR. *J Vet Diagn Invest* 2005; 17 (2): 165–170. doi:10.1177/104063870501700211
22. Cannon RM and Roe RT. *Livestock Disease Surveys: A Field Manual for Veterinarians*. Canberra: Australian Bureau of Animal Health; 1982.
23. Nakagawa S, Schielzeth H. A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol Evol* 2013; 4: 133-142. doi:10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x
24. Grosse Beilage E, Nathues H, Meemken D, et al. Frequency of PRRS live vaccine virus (European and North American genotype) in vaccinated and non-vaccinated pigs submitted for respiratory tract diagnostics in North-Western Germany. *Prev Vet Med* 2009; 92: 31-37. doi:10.1016/j.prevetmed.2009.07.010
25. Velasova M, Alarcon P, Williamson S, et al. Risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection and resulting challenges for effective disease surveillance. *BMC Vet Res* 2012; 8 (184): 1–14
26. Cho JG, Dee SA, Deen J, et al. Evaluation of the effects of animal age, concurrent bacterial infection, and pathogenicity of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on virus concentration in pigs. *Am J Vet Res* 2006; 67 (3): 489–493. doi:10.2460/ajvr.67.3.489
27. Sinha A, Shen HG, Schalk S, et al. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) influences infection dynamics of porcine circovirus type 2 (PCV2) subtypes PCV2a and PCV2b by prolonging PCV2 viremia and shedding. *Vet Microbiol* 2011; 152 (3-4): 235–246. doi:10.1016/j.vetmic.2011.05.005
28. Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste. Biosicherheitsvoraussetzungen zur Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit (Stand 09/2016). Im Internet: <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/2016-09-22%20FOB1%20Version%202003%20Checkliste%20Endfassung.pdf> vom 23.04.2020

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kollinearitätsprüfung der Variablen des Ergebnismodells (generalisiertes lineares gemischtes Modell) für den PRRSV-Genom-Status

Table 1: Collinearity test for the variables of the result model (generalized linear mixed model) for the PRRSV genome status

	(Intr)	PCV2-Status	Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	getrennte Treibwege	Material-Desinfektions-schleuse	Besucherbuch	Schweinefreiheit mindestens 48 Std.	Trennung von Ferkelaufzucht und Sauen	Trennung von Jungsaunen und Mast	Trennung von Jungsaunen und Sauen
PCV2-Status	-0,218									
Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	-0,510	0,039								
getrennte Treibwege	-0,060	-0,363	0,087							
Material-Desinfektions-schleuse	0,209	-0,102	-0,256	-0,393						
Besucherbuch	-0,285	-0,024	-0,259	-0,200	0,222					
Schweinefreiheit mindestens 48 Std.	-0,161	0,158	-0,169	-0,245	-0,116	-0,200				
Trennung von Ferkelaufzucht und Sauen	-0,220	0,274	0,303	-0,097	-0,490	-0,306	0,313			
Trennung von Jungsaunen und Mast	-0,131	0,263	-0,086	0,097	-0,191	-0,340	0,019	0,151		
Trennung von Jungsaunen und Sauen	-0,280	0,058	0,306	-0,161	0,226	0,147	0,031	-0,239	-0,459	
PRRSV-Impfung der Sauen	-0,036	-0,139	-0,063	0,372	-0,298	-0,502	0,241	0,147	0,254	-0,333

Ergebnisse

Tab. 2: Kollinearitätsprüfung der Variablen des Ergebnismodells (generalisiertes lineares gemischtes Modell) für den PRRSV-Antikörper-Status

Table 2: Collinearity test for the variables of the result model (generalized linear mixed model) for the PRRSV antibody status

	(Intr)	<i>M. hyopneumoniae</i> -Status	Kadaverlager	Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	Reinigung und Desinfektion	Material-Desinfektionsschleuse	Besucherbuch	Fliegenbekämpfung
<i>M. hyopneumoniae</i> -Status	0,001							
Kadaverlager	-1,000	-0,004						
Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	0,000	0,018	0,000					
Reinigung und Desinfektion	0,000	-0,155	-0,001	-0,064				
Material-Desinfektionsschleuse	0,000	0,464	-0,001	-0,053	-0,228			
Besucherbuch	0,000	0,189	-0,004	-0,317	-0,300	0,089		
Fliegenbekämpfung	0,000	0,169	-0,005	-0,437	-0,009	0,033	0,291	
PRRSV-Impfung der Sauen	0,000	-0,272	0,002	0,030	0,153	-0,264	-0,404	-0,224

Ergebnisse

Tab. 3: Generalisiertes lineares gemischtes Modell zur Schätzung der Beziehung der Betriebsparameter zum PRRSV-Genom-Status der Betriebe

Table 3: Generalized linear mixed model to estimate the relationship between the farm parameters and the PRRSV genome status

Variablen	B	Standardfehler (B)	z-Wert	P
(Intercept)	1,9060	1,0821	1,7610	0,078
PCV2-Status	-0,7366	1,0465	-0,7040	0,482
Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	-2,5775	1,0249	-2,5150	0,012*
getrennte Treibwege	1,7842	0,8774	2,0340	0,042*
Material-Desinfektionsschleuse	-0,2458	1,1155	-0,2200	0,826
Besucherbuch	-2,3554	1,1825	-1,9920	0,046*
Schweinefreiheit mindestens 48 Std.	-1,4064	0,8057	-1,7460	0,081
Trennung von Ferkelaufzucht und Sauen	-1,8332	1,1648	-1,5740	0,116
Trennung von Jungsauen und Mast	1,5987	0,7945	2,0120	0,044*
Trennung von Jungsauen und Sauen	-2,0106	0,8427	-2,3860	0,017*
PRRSV-Impfung der Sauen	2,7488	0,8247	3,3330	0,001*

*signifikant $p < 0,05$

B = Koeffizient, P = p-Wert des Koeffizienten

Ergebnisse

Tab. 4: Generalisiertes lineares gemischtes Modell zur Schätzung der Beziehung der Betriebsparameter zum PRRSV-Antikörper-Status der Betriebe

Table 4: Generalized linear mixed model to estimate the relationship between the farm parameters and the PRRSV antibody status

Variablen	B	Standardfehler (B)	z-Wert	P
(Intercept)	15,8936	591,2070	0,0270	0,979
<i>M. hyopneumoniae</i> -Status	1,7962	1,7394	1,0330	0,302
Kadaverlager	-18,4747	591,2243	-0,0310	0,975
Schwarz-Weiß-Prinzip der Laderampe	-3,2676	2,3748	-1,3760	0,169
Reinigung und Desinfektion	0,9012	2,0039	0,4500	0,653
Material-Desinfektionsschleuse	-1,2187	1,9385	-0,6290	0,530
Besucherbuch	-3,3660	2,7944	-1,2050	0,228
Fliegenbekämpfung	3,0268	3,3830	0,8950	0,371
PRRSV-Impfung der Sauen	5,8014	2,0857	2,7810	0,005 *

*signifikant $p < 0,05$

B = Koeffizient, P = p-Wert des Koeffizienten

Zusatztabellen

Zusatztab. 1: In dem Erfassungsbogen erhobene Betriebsdaten

Supplementary Table 1: Farm data collected with the record sheet

	Variable	Ausprägungen
Produktion	Produktionsrhythmus	<i>in Wochen</i>
	Säugezeit	<i>in Tagen</i>
	Eigenremontierung	ja/nein
baulich	Lüftungssystem	freie Lüftung/Zwangslüftung
	Flatdeck/Sauen	gleicher Standort/getrennte Standorte
	Mast/Sauen	gleicher Standort/getrennte Standorte
	Jungsauenaufzucht/Sauen	gleicher Standort/getrennte Standorte
	Jungsauenaufzucht/Mast	gleicher Standort/getrennte Standorte
	Flatdeck/Mast	gleicher Standort/getrennte Standorte
externe Biosicherheit	Alleinlage	ja/nein
	Abstand zu nächsten Schweinehaltungen	< 2 km/> 2 km
	Futterübergabestelle	ja/nein
	Gülle-/Mistübergabestelle	ja/nein
	Fremdgülle von Schweinen in Umgebung	ja/nein
	Kadaverübergabestelle	ja/nein
	Laderampe	mit Schwarz-Weiß-Prinzip/ohne Schwarz-Weiß-Prinzip/keine
	Hygieneschleuse	ja/nein
	Desinfektionsschleuse	ja/nein
	Duschzwang	für alle/für Besucher/kein Duschzwang
	Besucherbuch	ja/nein
	Schweinefreiheit	> 48 h/< 48 h/keine
	Quarantäne	in getrennter epidemiologischer Einheit/in gleicher epidemiologischer Einheit/keine
serologische Untersuchung in Quarantäne	ja/nein	

Ergebnisse

interne Bio- sicherheit	Schuhwechsel	ja/nein
	Treibwege	getrennt/kreuzen sich
	Reinigung und Desinfektion	immer/teilweise
	Anzahl der Mitarbeiter	
	Zugang für sonstige Tiere	ja/nein
	Fliegenbekämpfung	ja/nein
	Rein-Raus-Prinzip in Jungsauenaufzucht	ja/nein
	Rein-Raus-Prinzip in Abferkelung	ja/nein
	Rein-Raus-Prinzip im Flatdeck	ja/nein
	Rein-Raus-Prinzip in Mast	ja/nein
Genetik	Eberlinie	
	Sauenlinie	
Tiergesund- heit	PRRSV-unverdächtig	ja/nein
	PRRSV-Stamm, falls positiv	EU-Stamm (Genotyp 1)/NA- Stamm (Genotyp 2)
	Sanierung bei laufender Produktion	ja/nein
	Dauer der Sanierung	<i>in Jahren</i>
	PCV2-Status	stabil/instabil
	<i>M. hyopneumoniae</i> -Status	positiv/negativ
	APP-Status	positiv/negativ
	Jungsauen-Status (PRRSV) bei Zukauf	positiv/negativ
	Jungsauen-Status (PRRSV) bei Eingliederung	positiv/negativ
	PRRSV-Impfung Sauen/Jungsauen	ja/nein
	PRRSV-Impfung Ferkel	ja/nein
	eingesetzter Impfstoff	lebend EU-Virus/lebend NA-Vi- rus/Totimpfstoff
	PCV2-Impfung	ja/nein
	<i>M. hyopneumoniae</i> -Impfung	ja/nein
	APP-Impfung	ja/nein

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Fragestellung

Zur Kontrolle des PRRS gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten. Der eine Ansatz besteht darin, durch Impfung eine Stabilisierung der Herde zu erreichen und einem klinischen Geschehen im Bestand vorzubeugen (Kroll et al. 2018; Haiwick et al. 2018). Nachteilig ist allerdings, dass eine Infektion nicht verhindert werden kann (Linhares et al. 2012) und dass das Impfvirus durch Rekombination mit Feldviren neue Stämme bilden kann, die sich weiterverbreiten können (Eclercy et al. 2019).

Die Eliminierung des Virus aus der Herde durch Bestandssanierung ist der zweite Ansatz (Corzo et al. 2010). Der langfristige Erfolg dieser Methode hängt davon ab, dass ein PRRSV-Neueintrag verhindert wird. Daher sollten nicht einzelne Betriebe, sondern gesamte Regionen saniert werden, um die Gefahr einer Erregereinschleppung aus benachbarten Beständen insbesondere über die Luft zu minimieren (Rowland und Morrison 2012). Gleichzeitig wird ein Monitoring zur diagnostischen Begleitung und zur Überwachung der PRRS-unverdächtigen Bestände benötigt. Berichte über Sanierungen gesamter Regionen sind selten und nur die Schweiz, Schweden und Chile gelten zum aktuellen Zeitpunkt als PRRS-frei (Nathues et al. 2016; Carlson et al. 2009; Neira et al. 2017). Auch Berichte über die mehrjährige Begleitung solcher Sanierungsverfahren sind extrem selten (Sanhueza et al. 2019) und Informationen zu regionalen Sanierungsprogrammen in Deutschland sind bisher nicht publiziert.

In Sachsen und Thüringen wird auf freiwilliger Basis eine PRRS-Sanierung der schweinehaltenden Betriebe angestrebt, wobei 173 Betriebe aktiv an dem Programm teilnehmen und den Bestand halb- (Thüringen) bzw. vierteljährlich (Sachsen) auf PRRSV untersuchen lassen. Die im Rahmen dieser Monitoringuntersuchungen gewonnenen Daten stellen die Grundlage der vorliegenden Arbeit dar. Mit ihrer Analyse sollen der aktuelle Stand, Fortschritte und die gewonnenen Erfahrungen des landesweiten Sanierungsprogramms beschrieben werden. Nach der erfolgreichen Sanierung eines Betriebes kann eine Zertifizierung des Status „PRRS-unverdächtiger Bestand“ durch den jeweils zuständigen SGD erfolgen (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016b). Im Zuge der Zertifizierung wird vom SGD die Biosicherheit des Betriebes überprüft und Schwachstellen müssen beseitigt werden (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016a). Die zu diesem Zweck verwendete Liste der Voraussetzungen zur Zertifizierung diente als Grundlage für einen Erfassungsbogen, mit dem in den am Programm beteiligten Betrieben Faktoren erfasst wurden, die nach dem bisherigen Kenntnis-

Diskussion

stand in Beziehung zum Risiko einer PRRSV-Neuinfektion stehen. Diese Faktoren sowie allgemeine Betriebsdaten, Daten zur Tiergesundheit und zum Management wurden zum jeweiligen Status in Beziehung gesetzt. Es sollten Faktoren identifiziert werden, die in der untersuchten Region mit dem PRRS-Status in Zusammenhang stehen, um diese für die weitere Bekämpfung zu berücksichtigen und um das Verständnis zur Verbreitung des PRRSV auf Bestands-ebene zu verbessern. In Sachsen und Thüringen sind Betriebe mit unterschiedlicher Historie bezüglich PRRSV vorhanden, die seit mehreren Jahren regelmäßige blutserologische Untersuchungen durchführen. Die Analyse dieser Datengrundlage sollte dazu beitragen, Beziehungen zwischen dem PRRS-Status und den betrieblichen Faktoren zu erkennen.

4.2 Diskussion der Methode

Um den Verlauf des sächsischen und des thüringischen PRRS-Sanierungsprogramms darzustellen, wurden Befunddaten der Jahre 2011 bis 2018 analysiert. Die Befunde stammen aus Untersuchungen in schweinehaltenden Betrieben, die in halbjährlichem (Thüringen) bzw. vierteljährlichem (Sachsen) Turnus Blutproben auf PRRSV untersuchen ließen, wobei im Regelfall pro Untersuchung 30 Tiere beprobt wurden. Da die Teilnahme an den Programmen auf freiwilliger Basis erfolgte, wurden die Vorgaben zur Stichprobengröße und Beprobungsfrequenz in einzelnen Betrieben nicht immer genau eingehalten. Betriebe mit dem Status „PRRS-unverdächtig“ führten die Untersuchungen regelmäßiger durch, denn diese stellten eine Voraussetzung für den Erhalt des Status der PRRS-Unverdächtigkeits dar. Damit die Repräsentativität der Aussagekraft dieser retrospektiven Analyse zu den Betrieben gewährleistet werden konnte, flossen nur Betriebe in die Analyse ein, die im Rahmen des Programms in mindestens drei Jahren mindestens 25 Proben auf PRRSV untersuchen ließen.

Die Proben wurden in positiven Betrieben mittels ELISA auf PRRSV-Antikörper und mittels RT-PCR auf PRRSV-Genomfragmente getestet. Für PRRS-unverdächtige Betriebe bestand gemäß Programm nur die Verpflichtung zur Durchführung von Antikörper-Tests. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen bildeten die Grundlage für den in dieser retrospektiven Analyse für jedes Sanierungsjahr definierten Status der Betriebe. Dabei handelte es sich um einen Status für die Untersuchungen mittels ELISA und einen für die Untersuchungen mittels RT-PCR. Ab einer positiven Probe im Jahr war der jeweilige Status positiv, es sei denn, es handelte sich um Einzelproben, die sich in der Nachuntersuchung als falsch-positiv herausgestellt hatten.

Diskussion

Der für die Studie definierte Antikörper-Status entsprach damit dem PRRS-Status, den der Betrieb laut Programm hatte. Der PCR-Status gab einen Hinweis darauf, ob in den Betrieben PRRSV zirkulierte. Auf wiederholte Untersuchungen nach 30 Tagen entsprechend den Vorgaben nach Holtkamp et al. (2011) wurde verzichtet, um den Probennahmeaufwand für die zusätzlichen Untersuchungen zu begrenzen und damit die Motivation für die Teilnahme an den freiwilligen Programmen zu erhöhen. Die geringere Beprobungsfrequenz wurde dadurch ausgeglichen, dass die Untersuchungen über mehrere Jahre regelmäßig stattfanden.

Da bei den Untersuchungen der Genotyp nicht spezifiziert wurde, kann es sich in positiven Fällen um Feldvirus oder Impfvirus handeln. Aufgrund der Attenuierung der Impfvirusstämme ist davon auszugehen, dass in den meisten Fällen Feldvirus nachgewiesen wurde. Auch die Tatsache, dass Genotyp 1 sich weniger stark verbreitet als Genotyp 2 (Grosse Beilage et al. 2009) und in 82,4 % der geimpften Bestände Lebendimpfstoff mit dem Genotyp 1 eingesetzt wurde, lässt vermuten, dass in den meisten Fällen durch die RT-PCR Nachweise von Feldvirus erfolgt sind.

In der Gruppe der Betriebe mit negativem PCR-Status kann grundsätzlich zwischen PRRS-positiven Betrieben ohne zirkulierendes Virus und PRRS-unverdächtigen Betrieben unterschieden werden.

Eine Herausforderung bei der Überwachung sanierter – also unverdächtiger – Betriebe stellen falsch positive Befunde dar. Bei einer Spezifität von 99,9 %, wie sie vom Hersteller für den verwendeten Test angegeben wird, ist für einen Anteil von 0,1 % der Proben mit testbedingt falsch positiven Befunden zu rechnen. Einzelne positive Testergebnisse in PRRS-unverdächtigen Betrieben wurden deshalb innerhalb von zwei Wochen mit einer Nachuntersuchung des Reagenten und mindestens weiterer zehn Kontakttiere mittels ELISA und RT-PCR abgeklärt. Potentielle Verbreitungswege ergaben sich auf der ersten Ebene aus den Betrieben zur Jungsauvermehrung und auf der zweiten Ebene aus den ferkelerzeugenden Betrieben. Daher wurde der Fokus der Überwachungsprogramme auf diese Betriebsarten gelegt. Weil PRRSV auch über Sperma verbreitet werden kann (Mortensen et al. 2002), waren auch die Eberstationen in das Überwachungsprogramm einbezogen. Mastbetriebe wurden hingegen in erster Linie im Zusammenhang mit klinischen Problemen zur differentialdiagnostischen Abklärung von PRRSV untersucht. Trotz der Freiwilligkeit der Programme war der Anteil der teilnehmenden Betriebe mit mehr als zehn gehaltenen Sauen mit 88,8 % in Thüringen und 53,5 % in Sachsen hoch. In die Datenerhebung für diese Studie war der überwiegende Anteil der schweinehalten-

Diskussion

den Betriebe mit zehn und mehr Sauen einbezogen. Damit bietet die in dieser Studie durchgeführte Datenerhebung einen guten Überblick über die Gesamtsituation bezüglich PRRS in Sachsen und Thüringen.

In einem Teil der Betriebe wurden anhand eines Erfassungsbogens allgemeine Betriebsdaten (Art, Größe, Lage) und Faktoren aus verschiedenen Bereichen des Managements (Tierfluss, Biosicherheit, Personenverkehr, Produktionsmanagement) und der Tiergesundheit (Impfungen, Sanierung, Tiergesundheitsstatus) erfasst und auf Assoziationen zum Betriebsstatus überprüft. In sanierten Betrieben wurden die Daten retrospektiv für den Zeitpunkt vor der Sanierung abgefragt, um die Assoziationen zum damals positiven PRRS-Status zu ergründen. Bei allen anderen Betrieben wurden die Daten zum Ende des Untersuchungszeitraumes abgefragt. Indem die Datenerhebung auf einen fachlich determinierten Zeitpunkt festgelegt wurde, konnte der unterschiedliche Sanierungsstand der Bestände berücksichtigt werden. In einigen Beständen lagen Informationen nicht zu allen Fragen vor. Dies führte teilweise zu unvollständigen Datensätzen und einer gewissen Reduktion der Datenqualität. Im finalen GLM-Modell waren die hiervon betroffenen Faktoren jedoch nicht mehr vertreten, sodass das Endergebnis der statistischen Analyse hiervon nicht beeinflusst wurde.

Die große Zahl der erfassten Betriebsfaktoren erforderte eine Vorauswahl, weshalb nur Variablen mit einer Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art im Chi²-Test von $p < 0,1$ mit den beiden jahresweise vergebenen Status in der nächsten Stufe der statistischen Auswertung betrachtet wurden. Diese wurden im Anschluss auf Kollinearität mittels Korrelation nach Pearson geprüft. Bei einem Korrelationskoeffizienten von $\rho < -0,5$ oder $\rho > 0,5$ wurde jeweils eine von zwei Variablen ausgeschlossen, wobei zuerst Variablen mit mehreren Korrelationen ausgeschlossen wurden. War die Anzahl der Korrelationen gleich, wurde die Variable mit dem höheren Interesse bei den weiteren Schritten verwendet. Mit den übrigen Variablen wurde ein GLM-Modell mit schrittweisem Ausschluss gerechnet. Der Ausschluss erfolgte anhand des Akaike Information Criterion. Die Zielvariable zur Bewertung des Zusammenhangs der Betriebsfaktoren war der Antikörper- bzw. PCR-Status, wobei der Betrieb als zufälliger Effekt berücksichtigt wurde. Das marginale Pseudo-R² beschreibt die Varianz der Betriebsfaktoren, das konditionale Pseudo-R² die Varianz des gesamten Modells (Nakagawa und Schielzeth 2013). Dieses Modell ermöglichte die Einbeziehung mehrerer untersuchter Jahre für jeden Betrieb, auch wenn die Erfassung der Betriebsfaktoren nur einmalig erfolgte.

Der Anteil der untersuchten positiven Betriebe in Sachsen war aus verschiedenen Gründen niedriger als in Thüringen. In Sachsen wurde nach der Entdeckung des PRRSV durch die Arbeitsgruppe von Wensvoort et al. (1991) vonseiten des SGD schnell reagiert, um Betriebe zu

Diskussion

finden, die nicht mit PRRSV infiziert waren. Zum Schutz dieser Betriebe vor einer PRRSV-Infektion wurde ein Programm erarbeitet, das eine finanzielle Unterstützung der Tierseuchenkasse bei der Diagnostik ermöglichte (Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz; Sächsische Tierseuchenkasse 2015). Außerdem wurden die Eberstationen und Jungsauvermehrter sensibilisiert, beim Zukauf von Schweinen auf deren Herkunft aus ebenfalls nicht PRRSV-infizierten Beständen zu achten. Aufgrund der schnell ergriffenen Maßnahmen vonseiten des SGD gab es in Sachsen einige Betriebe, die nie durch PRRSV infiziert wurden. Seit der Erstellung des PRRS-Programms in Sachsen ist dessen Zielsetzung – der Schutz PRRS-unverdächtiger Betriebe – nur geringfügig erweitert worden, weshalb an erster Stelle die Diagnostik in unverdächtigen Betrieben gefördert wird. Dies führt zu einer gewissen Verzerrung in der Darstellung der PRRS-Situation in den schweinehaltenden Betrieben in Sachsen durch die Überrepräsentation PRRS-unverdächtiger Betriebe. PRRS-positive Betriebe sind zu einem geringeren Anteil vertreten, als es bei einer zufälligen Stichprobe der Fall gewesen wäre. Im Laufe der Studie wurde die Zielsetzung des Programms erweitert, indem auch Betriebe von unbekanntem oder positivem Status untersucht wurden. Deshalb erhöhte sich die Anzahl der untersuchten Betriebe und der Anteil der positiven Betriebe in Sachsen insbesondere in den letzten drei Jahren der Studie.

Anders als in Sachsen wurde den Betrieben in Thüringen vom SGD eine Impfung zur Kontrolle des PRRSV empfohlen, um klinischen Symptomen bei einer Feldinfektion vorzubeugen. Alle geimpften Betriebe erhielten den Status „PRRS-positiv“, unabhängig ob sie vorher infiziert waren oder nicht, da Antikörper von geimpften Tieren nicht von denen infizierter Tiere unterschieden werden können. Erst nachdem sich das PRRSV immer weiter ausbreitete und auch in ungeimpften Betrieben Impfvirus nachgewiesen wurde, wurde in Thüringen ein ähnliches Programm wie in Sachsen verabschiedet mit dem Ziel, eine Sanierung der infizierten und geimpften Bestände durchzuführen und PRRS-unverdächtige Betriebe zu schützen (Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMASGFF) 2011). Aufgrund des anderen Hintergrunds unterstützt das Thüringer PRRS-Programm auch die Diagnostik in PRRS-positiven Betrieben, weshalb diese in Thüringen zu einem höheren Anteil in das Programm einbezogen waren als in Sachsen.

Aus den genannten Gründen gab es in beiden Bundesländern Verzerrungen bei der Auswahl der in die Studie einbezogenen Bestände, die ihre Ursache im Fokus der freiwilliger Programme hatte. Eine echte Zufallsauswahl ist im Rahmen solcher freiwilligen Bekämpfungsprogramme erschwert, weil die Beteiligung der Landwirte von den verschiedenen oben genannten Faktoren

Diskussion

abhängt. Daher wurde auf die Zufallsauswahl verzichtet und der Ansatz gewählt, die am Programm beteiligten Bestände möglichst vollständig in die Studie und damit in die Befragung einzubeziehen. Daher bilden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen die Situation in beiden Bundesländern jeweils gut ab. Sie sind nicht ohne Weiteres auf andere Populationen übertragbar, wobei mit gewisser Vorsicht die Ergebnisse dieser Arbeit in Regionen mit ähnlicher Struktur der Schweinehaltung (große Bestände mit geringer Dichte) beachtet werden sollten.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

In beiden Bundesländern konnte im betrachteten Zeitraum eine Reduktion der PRRS-positiven Betriebe festgestellt werden. In Thüringen fand eine Reduktion der positiven Betriebe von 69,0 % ($\pm 6,1$) auf 40,0 % ($\pm 5,9$) statt. Sachsen hatte den Fokus des Programms zunächst auf die Überwachung der PRRS-unverdächtigen Bestände gelegt und startete im ersten Jahr der Untersuchungen bereits auf einem niedrigeren Niveau mit einem Anteil von nur 27,5 % ($\pm 7,2$) positiven Betrieben und konnte eine weitere Reduktion auf 5,7 % ($\pm 3,2$) erreichen. Insgesamt führten 37,8 % der Betriebe beider Bundesländer eine Sanierung durch. In 13,4 % der Betriebe kam es zur Reinfektion. Der Anteil der Betriebe mit positivem PCR-Status, also mit zirkulierendem PRRSV, reduzierte sich in Thüringen von 55,2 % ($\pm 6,6$) auf 28,6 % ($\pm 5,4$). Auch in Sachsen reduzierte sich der Anteil der untersuchten Betriebe mit positiven PRRSV-PCR-Befunden. Da das PRRS-Programm dort jedoch eher der Überwachung unverdächtigter Betriebe diente, die aus Kostengründen nur eine Überwachung auf Antikörper gegen PRRSV durchführten, und deshalb nur wenige PRRS-positive Betriebe untersucht wurden, ist die Aussagekraft dieser Zahlen aus Sachsen nur gering.

Freiwillige regionale PRRS-Sanierungsprogramme wurden auch im Stevens County, Minnesota, USA, und in Ontario, Kanada, angeboten (Corzo et al. 2010; Arruda et al. 2015). In beiden Programmen konnte eine Reduktion PRRS-positiver Betriebe erreicht werden, ohne jedoch eine Eliminierung des PRRSV aus den Regionen zu erzielen. Auf der Horne-Halbinsel in Dänemark, einer deutlich kleineren Region, gelang hingegen die Eliminierung des PRRSV durch die Mitarbeit aller dortigen Betriebe (Rathkjen und Dall 2017).

Im Fokus der Sanierungsprogramme Sachsens und Thüringens standen neben den Betrieben zur Vermehrung von Jungsauen die ferkelerzeugenden Betriebe mit oder ohne angeschlossene Mast. In Thüringen waren Betriebe mit angeschlossener Mast – kombinierte Betriebe – häufiger positiv als reine Ferkelerzeuger. Dies wurde auch in einer kanadischen Studie beobachtet

Diskussion

(Arruda et al. 2016). Wenn Jungsauenvermehrter und Ferkelerzeuger Tiere mit einem hohen Gesundheitsstatus auf dem Markt anbieten, ist der Erlös in der Regel höher als von Tieren ohne Gesundheitszeugnis. Der Anreiz, eine PRRS-Sanierung durchzuführen, ist deshalb für diese Arten von Betrieben höher als es für kombinierte Betriebe ist, die keine Tiere verkaufen. Außerdem sind kombinierte Betriebe in Thüringen eher kleinere familiär geführte Betriebe, die die Schweineproduktion häufig weniger professionell betreiben als Betriebe mit großem Schweinebestand. In Sachsen bestand eine etwas andere Struktur der Handelsbeziehungen in der Schweinehaltung mit nur wenigen kombinierten Betrieben, weil die Mast meist in externe Betriebe mit fester Handelsbeziehung ausgelagert war, und die ferkelerzeugenden Betriebe deshalb in die Kategorie der Ferkelerzeuger eingeteilt wurden.

Der Anteil der PRRS-positiven Mastbetriebe war in Thüringen erwartungsgemäß höher als der Anteil der positiven sauenhaltenden Betriebe. PRRS-positiv Mastbetriebe wurden häufig erst untersucht, wenn klinische Probleme auftraten und PRRSV differentialdiagnostisch abgeklärt werden sollte. Gezielte Sanierungsmaßnahmen wurden in Mastbetrieben nur in Einzelfällen durchgeführt. PRRS-unverdächtige Mastbetriebe wurden im Rahmen der PRRSV-Überwachung des Programms regelmäßig untersucht.

Im Gegensatz dazu wurden in Sachsen, abgesehen von den Jahren 1, 4 und 6, in denen PRRSV-Neuinfektionen in Mastbetrieben auftraten, nur unverdächtige Mastbetriebe untersucht. Die unverdächtig Mastbetriebe hatten sich der Sanierung ihrer zuliefernden ferkelerzeugenden Betriebe angeschlossen und zwischenzeitlich die Bestände geräumt. Deshalb war es sinnvoll diese sächsischen Mastbetriebe zusammen mit den unverdächtig sauenhaltenden Betrieben durch das PRRS-Programm zu überwachen. Feste Handelsbeziehungen sind in Thüringen nur vereinzelt vorhanden, weshalb abgesprochene zeitgleiche Sanierungen hier kaum stattfanden.

Bei der serologischen Überwachung PRRS-unverdächtig Betriebe traten in beiden Bundesländern falsch positive Befunde auf. Falsch positive RT-PCR-Befunde gab es im betrachteten Zeitraum keine, da die Spezifität dieses Testsystems in der Regel höher ist als die ELISA-Untersuchung (Christopher-Hennings et al. 2002). Für den Fall einzelner positiver Proben in PRRS-unverdächtig Beständen gibt es die Möglichkeit, eine Abklärungsuntersuchung durchzuführen. Dazu werden innerhalb von 14 Tagen das fragliche Tier sowie mindestens zehn Kontakttiere mittels ELISA und RT-PCR nachuntersucht (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016b). Das Phänomen falsch reagierender Testsysteme wurde auch in der Schweiz beobachtet (Corbellini et al. 2006). Dort wurden einzelne positive Befunde zur Abklärung mit weiteren Tests mit höherer Spezifität untersucht, um festzustellen, ob diese

Diskussion

wirklich positiv sind. Der in Thüringen und Sachsen verwendete ELISA zur serologischen Diagnostik wird vom Hersteller mit einer Spezifität von 99,9 % beziffert. Bei der großen Menge an Proben, die im Laufe eines Jahres für das Überwachungsprogramm anfallen, ist es zu erwarten, dass einzelne Proben fälschlicherweise als positiv angezeigt werden. Wird die Abklärungsuntersuchung mit negativen Testergebnissen abgeschlossen, ist davon auszugehen, dass das Testsystem falsch reagierte, und der betroffene Betrieb behält seinen Status. Reagiert bei der Abklärungsuntersuchung das Serum mehrerer Tiere in einem der beiden Tests, ist eine vorangegangene Infektion wahrscheinlich.

Abhängig von der Art der Sanierung gibt es Faktoren, die diese erleichtern oder erschweren können. Das Verständnis von PRRSV auf Bestandsebene kann helfen, solche Faktoren zu identifizieren. Zu diesem Verständnis sollte die Analyse des Zusammenhangs verschiedener Faktoren mit dem Antikörper- und dem PCR-Status beitragen.

In dem GLM-Modell wurde ein Zusammenhang zwischen der Trennung von Jung- und Altsauen und einem negativen PCR-Status gezeigt. Die Trennung von Jung- und Altsauen soll dazu beitragen, Infektionsketten im Bestand zu unterbrechen. Werden diese beiden Tiergruppen nicht getrennt gehalten, kann folgende Situation eintreten: Das Immunsystem der Jungsauen muss sich während der Aufzuchtphase zum ersten Mal mit unterschiedlichen Erregern im Bestand auseinandersetzen, zu denen auch PRRSV gehören kann, ohne durch maternale Antikörper geschützt zu sein (Houben et al. 1995). Das PRRSV kann sich in den Jungsauen aufgrund deren immunologischer Naivität massiv vermehren. Je nach Virulenz des Stammes kann dies unbemerkt ohne Atemwegssymptome bei den Jungsauen geschehen. Haben die Jungsauen während dieser Phase Kontakt zu Altsauen, so wird das von den Jungsauen ausgeschiedene PRRSV auf diese übertragen. Diese starke Virusanreicherung im Bestand kann die Immunität der Altsauen überwinden und klinische Fälle auslösen. In der Praxis unterscheiden sich die Immunitätslagen der Altsauen, sodass manche Altsauen keine stabile Immunität besitzen. Diese sind empfänglich, werden mit PRRSV infiziert und es kommt dort ebenfalls zu einer massiven Virusvermehrung und -ausscheidung mit anschließender Übertragung auf immunologisch schwache Tiere, was die Viruszirkulation in Gang hält. Dabei besteht das Risiko, dass bei einer Zirkulation von PRRSV in der Sauenherde eine verminderte Fruchtbarkeit und Aborte auftreten (Woonwong et al. 2018), die zu wirtschaftlichen Einbußen führen können.

Eine Trennung von Jung- und Altsauen und die Eingliederung von Jungsauen mit stabiler Immunität kann die Zirkulation von PRRSV in der Sauenherde zum Erliegen bringen. Erfahrungen aus Thüringen zeigen, dass diese Maßnahmen eine Sanierung bei laufender Produktion unterstützen können.

Diskussion

Die gemeinsame Haltung von Jungsauen und Mastschweinen korreliert mit einem negativen PCR-Status, wurde also eher in Betrieben ohne Viruszirkulation praktiziert. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Jungsauen durch den Kontakt zu Masttieren früh mit PRRSV infiziert werden und so auf natürliche Weise eine Immunität erlangen. Da der Mastbereich in den meisten Betrieben der instabilste Produktionsbereich mit Zirkulation von PRRSV ist, ist dieser Kontakt von Bedeutung. Anschließend werden die Jungsauen mit einem stabilen Immunstatus in die Sauenherde eingegliedert, was eine Infektionskettenunterbrechung in der Sauenherde unterstützen kann. Ob daraus eine Empfehlung zur gemeinsamen Haltung von Jungsauen und Masttieren abgeleitet werden kann, ist jedoch fraglich. Die kontrollierte Immunisierung der Jungsauen durch eine Impfung ist in jedem Fall vorzuziehen.

Außerdem zeigte das GLM-Modell auch einen Zusammenhang zwischen getrennten Treibwegen und einem positiven PCR-Status. Sind die Treibwege in einem Betrieb getrennt, bedeutet das, dass Tiere unterschiedlicher Altersgruppen bei keinem Umtrieb durch dieselben Stallbereiche gehen müssen oder dass diese nach jedem Umtrieb gründlich gereinigt und desinfiziert werden. Diese Maßnahme soll verhindern, dass durch den Umtrieb in andere Abteile Krankheitserreger von einer Tiergruppe auf eine andere übertragen werden. Das Ergebnis des GLM-Modells lässt vermuten, dass eine Trennung der Treibwege dazu beiträgt, unterschiedliche Immunitätslagen in einem Bestand zu fördern. Eine gemeinsame Nutzung derselben Stallgänge kann beim Umtrieb verschiedener Altersgruppen zur Erregerverbreitung führen, trägt aber damit auch zu einer einheitlichen Immunitätslage im Bestand bei, indem PRRSV über die kontaminierten Treibwege übertragen wird, ähnlich wie es oben bei der gemeinsamen Haltung von Jungsauen und Masttieren beschrieben ist. Ohne den Kontakt zu kontaminierten Stallbereichen bleiben ungeimpfte Tiergruppen naiv gegenüber PRRSV, aber auch hochempfindlich. Sofern eine bestandsinterne Erregerübertragung nicht vollständig verhindert werden kann, was bei hochkontagiösen und aerogen übertragbaren Erregern sehr wahrscheinlich ist (Dee et al. 2009), bringt diese Situation die Gefahr immer wiederkehrender relevanter Infektionsgeschehen innerhalb des Bestandes, was zu einer anhaltenden Viruszirkulation in diesen Tiergruppen und einem positiven PCR-Status des Betriebes führen kann. Die in der Schweinehaltung empfohlene Maßnahme, Treibwege zu trennen, ist vermutlich für eine Reduktion von weniger kontagiösen Erregern bedeutsamer.

Ein Besucherbuch wird häufiger in Betrieben geführt, die keine Zirkulation von PRRSV im Bestand haben. Diese Maßnahme dient im Fall einer Neuinfektion zwei verschiedenen Zwecken: Erstens soll die Dokumentation der Besucher dabei unterstützen, den Ursprung eines Erregereintrags zu identifizieren, indem die Besucher, die vor der Infektion im Bestand waren,

Diskussion

retrospektiv auf deren Risiko einer Erregereinschleppung hin überprüft werden. Zweitens sollen Besucher gewarnt werden können, die zwischen dem Zeitpunkt der Erregereinschleppung und der Entdeckung der Neuinfektion im Bestand waren, damit mögliche Übertragungen auf andere Schweinebestände schnell überprüft bzw. erkannt werden können. Diese Maßnahme dient also in erster Linie der Aufdeckung von Infektionswegen zwischen Beständen, deren Nachverfolgung bei PRRSV eine große Rolle spielt. So ist das Führen eines Besucherbuches eine Voraussetzung zur Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit (Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste 2016a). Der Zusammenhang zwischen dem Führen eines Besucherbuches und dem negativen PCR-Status besteht möglicherweise, da das Bewusstsein für die Bedeutung dieser Maßnahme in Betrieben, die sich mit der Verbreitung von PRRSV in ihrem Bestand auseinandergesetzt haben und eine Sanierung anstreben, höher ist.

Ein Schwarz-Weiß-Prinzip auf der Laderampe stand in dem GLM-Modell ebenfalls mit einem negativen PCR-Status in Zusammenhang, was die aus der Praxis bekannte Bedeutung dieser Maßnahme unterstreicht. Die Einteilung in einen „weißen Bereich“ (Stallbereich) und einen „schwarzen Bereich“ (Transportfahrzeug) während des Verladens von Schweinen soll der Prävention einer Erregereinschleppung dienen. Das Prinzip beinhaltet, dass der betriebsfremde Fahrer des Transportfahrzeugs den Stall nicht betreten darf und Schweine, die bereits auf dem Fahrzeug geladen sind, dieses nicht wieder verlassen dürfen. Auch ein Zurücklaufen von eigenen bereits geladenen Schweinen muss unterbunden werden. Der Landwirt darf das Transportfahrzeug und dessen Rampe nicht betreten. Diese Maßnahme soll verhindern, dass Erreger, die von bereits geladenen infizierten Schweinen ausgeschieden wurden oder in einem möglicherweise unzulänglich gereinigten Transportfahrzeug vorhanden sein können, in den Stall und den Schweinebestand eingebracht werden. Ebenso effektiv ist es, ein eigenes Fahrzeug zu verwenden, dessen Reinigung und Desinfektion nach jeder Fahrt überwacht werden kann. Aus Kostengründen ist dies jedoch nur für große Betriebe rentabel.

Während es bei der konsequenten Einhaltung des Schwarz-Weiß-Prinzips auf der Laderampe Unterschiede zwischen den Betrieben gab, wurden viele andere Faktoren der externen Biosicherheit (Übergabestellen für Futter, Gülle/Mist und Kadaver, Forderung nach Schweinefreiheit von Besuchern, Hygieneschleuse für Besucher) in den meisten Betrieben unabhängig vom PRRS-Status umgesetzt. Vermutlich gab es deshalb in dem GLM-Modell keine weiteren diesbezüglichen Korrelationen, wie sie aus anderen Studien bekannt sind (Mortensen et al. 2002; Arruda et al. 2016).

Eine PRRSV-Impfung der Sauen und Jungsauen korrelierte in dem GLM-Modell sowohl mit einem positiven PCR-Status als auch mit einem positiven Antikörper-Status. Die Korrelation

Diskussion

mit dem Antikörper-Status ist zu erwarten und wurde bereits beschrieben (Velasova et al. 2012), da eine Impfung mit Lebendimpfstoff bei den Tieren die Bildung von Antikörpern induziert, die nicht von Antikörpern nach Feldinfektion unterschieden werden können. Sobald jedoch Tiere mit Antikörpern gegen PRRSV im Bestand sind, bekommt der Betrieb einen positiven PRRSV-Programm-Status.

Bedeutsamer ist der Zusammenhang der Impfung mit einem positiven PCR-Status, also mit einer Zirkulation von PRRSV im Bestand. Die Impfung wurde in der Regel eingeführt, da im Bestand klinische Symptome auftraten. In diesem Fall diente die Impfung der Stabilisierung des Bestandes. Bei den PCR-Nachweisen kann es sich allerdings auch um Impfvirus gehandelt haben, da in 82,4 % der geimpften Betriebe ein PRRSV-Lebendimpfstoff eingesetzt wurde. Trotz Attenuierung der PRRSV-Impfstämme wurde eine Verbreitung dieser Stämme nachgewiesen (Grosse Beilage et al. 2009). Die Verbreitung erfolgte dabei nicht nur im geimpften Bestand, sondern auch in benachbarte, möglicherweise PRRS-unverdächtige Bestände. Eine Verbreitung des Genotyps 2 wurde in beiden Fällen häufiger nachgewiesen als eine Verbreitung des Genotyps 1 (Grosse Beilage et al. 2009). Auch wenn Lebendimpfstoff mit dem Genotyp 2 in Thüringen und Sachsen nur vereinzelt verwendet wurde, ist es nicht ausgeschlossen, dass die PCR-Nachweise zum Teil von PRRSV-Impfstämmen stammten.

Der im Chi²-Test geschätzte Zusammenhang zwischen der Größe des Betriebes und einem positiven Antikörper- und PCR-Status ist nur von geringer Aussagekraft. Die Größe eines sauenhaltenden Betriebes hängt mit vielen anderen Faktoren des Managements zusammen und wurde deshalb aus den finalen GLM-Modellen ausgeschlossen. Der Ausschluss dieser Variable aus dem finalen Modell ist auch in einer anderen Studie zu finden (Nathues et al. 2018).

Neben der Impfung der Sauen und Jungsauen gab es keine weiteren Faktoren in dem GLM-Modell, die mit dem Antikörper-Status zusammenhingen. Es scheint also in Sachsen und Thüringen, abgesehen von dem Einsatz einer PRRSV-Impfung, keine determinierenden Faktoren zu geben, die den Antikörper-Status in ähnlich starker Weise bestimmen wie die Impfung.

Zusammenfassend ergibt sich aus den Erhebungen in Sachsen und Thüringen, dass in den Schweinebeständen eine PRRS-Sanierung auf unterschiedliche Arten durchgeführt wurde. So sanierten in Sachsen PRRSV-infizierte Betriebe häufig durch eine Räumung des Bestandes mit anschließender Neubelegung mit negativen Tieren, da dies ein schnelles und sicheres Sanierungsverfahren ist (Corzo et al. 2010). Häufig führten neben der Sanierung des PRRS weitere Gründe endgültig zu der Entscheidung den Bestand zu räumen: Die Sanierung anderer Erreger (*Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Pasteurella multocida*), die Verbesserung der Genetik und damit einhergehend die Verbesserung der Leistung der Tiere.

Diskussion

Während eine Räumung des Bestandes keine bestimmten Managementfaktoren erfordert, hängt der Erfolg einer Sanierung bei laufender Produktion mit verschiedenen Betriebsfaktoren zusammen, da es dafür nötig ist, die Viruszirkulation im Bestand zum Erliegen zu bringen. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen erkennen, dass eine Sanierung bei laufender Produktion möglich ist. Voraussetzung ist eine Stabilisierung der Herde, wofür eine gleichmäßige Immunitätslage von großer Bedeutung ist. Wenn dies durch die Immunisierung der Tiere gelungen ist und anschließend eine erfolgreiche Infektionskettenunterbrechung eine Viruszirkulation im Bestand verhindert, müssen auch Reinfektionen durch Viruseintrag von außen verhindert werden. In dem Zuge sollte auch das Einbringen von vermehrungsfähigem Virus durch Lebendimpfstoff unterbunden werden, indem auf PRRSV-Totimpfstoff umgestellt oder die Impfung abgesetzt wird. Wenn in den darauffolgenden Jahren die Antikörper-Titer der noch geimpften Altsauen zurückgegangen sind, gilt der Betrieb als PRRS-unverdächtig.

Aufgrund der Voraussetzungen, die nötig sind, um die Viruszirkulation im Bestand zu unterbrechen, ist eine Sanierung bei laufender Produktion nicht für jeden Betrieb geeignet. Eine genauere Definition dieser Voraussetzungen erfordert die Kenntnis weiterer Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Erfolg der PRRS-Bekämpfung. Hierfür sollten zukünftige Studien eine größere Zahl von Betrieben einbeziehen, die auf die gleiche Art und Weise saniert haben.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Entwicklung und der aktuelle Stand eines regionalen PRRS-Sanierungsprogramms auf freiwilliger Basis in den beiden Bundesländern Thüringen und Sachsen dargestellt. Der Fokus des Programms lag auf Betrieben mit Sauenhaltung. Außerdem werden Zusammenhänge zwischen Managementfaktoren der Betriebe und dem PRRS-Status bzw. den positiven PCR-Befunden identifiziert, die das Verständnis der PRRSV-Infektion auf Bestandsebene verbessern. Die Bedeutung der im Rahmen der diagnostischen Überwachung der Betriebe auftretenden falsch positiven Befunde werden beschrieben.

Grundlage für die Beantwortung der Fragestellungen stellen über acht Jahre erhobene Befunde von halbjährlichen (Thüringen) bzw. vierteljährlichen (Sachsen) Untersuchungen von je 30 Tieren pro Betrieb dar. Die Proben wurden mittels ELISA und RT-PCR untersucht. Jeder Betrieb erhielt für jedes Jahr einen Antikörper-Status, der dem PRRS-Programm-Status entspricht, und einen PCR-Status, der einen Hinweis auf vorhandene Viruszirkulation im Betrieb gibt. Bei ausschließlich negativen Ergebnissen im entsprechenden Test erhielt der Betrieb einen negativen Status. Ab einer positiven Probe im jeweiligen Test erhielt der Betrieb einen positiven Status, außer wenn einzelne positive Proben in einer Nachuntersuchung als falsch positiv abgeklärt wurden.

In den teilnehmenden Betrieben wurden einmalig anhand eines Erfassungsbogens Betriebsfaktoren erfasst. In einer Vorauswahl werden alle Faktoren mittels Chi²-Test auf ihren Zusammenhang zu den beiden vergebenen Status überprüft. Die weiterverwendeten Faktoren werden einem Kollinearitätstest unterzogen, wobei von den hier korrelierenden Variablen nach einem bestimmten System einige ausgeschlossen werden. Mit den übrigen Variablen wird ein generalisiertes lineares gemischtes Modell mit dem Antikörper- bzw. dem PCR-Status als Zielvariable und dem Betrieb als zufälligem Effekt gerechnet.

Insgesamt nahmen an den Programmen 173 Betriebe teil. In beiden Bundesländern reduzierte sich der Anteil der positiven Betriebe über den betrachteten Zeitraum. In 37,8 % der Betriebe wurde erfolgreich eine Sanierung durchgeführt und 13,4 % der Betriebe infizierten sich mit PRRSV. In Thüringen war der Anteil der positiven reinen ferkelerzeugenden Betriebe geringer als der der kombinierten Betriebe und der Mastbetriebe. Mastbetriebe sanierten insgesamt selten und wurden eher bei klinischen Symptomen zur differentialdiagnostischen Abklärung auf PRRSV untersucht. In Sachsen herrschten feste Handelsbeziehungen zwischen den ferkelerzeugenden Betrieben und Mastbetrieben vor. Im Zuge der Sanierung des liefernden Betriebes sanierte der angeschlossene Mastbetrieb häufig ebenfalls und wurde anschließend überwacht.

Zusammenfassung

Deshalb wurden in Sachsen im betrachteten Zeitraum ausschließlich Mastbetriebe mit negativem Status untersucht, außer in wenigen Jahren, in denen Neuinfektionen in Mastbetrieben auftraten.

In beiden Bundesländern traten in mehreren Jahren einzelne positive Befunde in PRRS-unverdächtigen Betrieben auf, die als falsch positiv abgeklärt werden konnten. Diese Abklärungsforschungen sind bei der diagnostischen Überwachung von Betrieben zwingend erforderlich. Verschiedene Faktoren konnten identifiziert werden, die mit dem PCR-Status in Zusammenhang standen. Altsauen und Jungsauen werden in Betrieben mit negativem PCR-Status häufiger getrennt gehalten, was zur Unterbrechung der Viruszirkulation im Bestand beitragen kann. Umgekehrt werden Jungsauen und Masttiere häufiger in Betrieben mit positivem Status getrennt gehalten. Möglicherweise unterstützt die gemeinsame Haltung dieser beiden Tiergruppen die Immunisierung der Jungsauen. Beide Maßnahmen dienen der Stabilisierung der Sauenherde. Ein Besucherbuch und ein Schwarz-Weiß-Prinzip auf der Laderampe sind häufiger in Betrieben mit negativem PCR-Status vorhanden. In Betrieben, die eine Sanierung anstrebten, war das Bewusstsein für diese Maßnahmen vermutlich höher, während andere Maßnahmen zur Erhöhung der Biosicherheit in vielen Betrieben unabhängig vom Status umgesetzt wurden.

Eine Impfung gegen PRRSV hing sowohl mit einem positiven PCR-Status als auch mit einem positiven Antikörper-Status zusammen. Der positive Antikörper-Status ergibt sich zwangsläufig, da Antikörper von geimpften Tieren nicht von denen infizierter Tiere unterschieden werden können. Der Zusammenhang der Impfung zum PCR-Status besteht vermutlich, da Betriebe mit Zirkulation von Feldvirus eine Impfung einführten, um den Bestand zu stabilisieren. Es ist auch möglich, dass Impfvirus nachgewiesen wurde.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit ist zu schlussfolgern, dass sich der Anteil PRRSV-positiver Bestände in einer wenig schweinedichten Region durch freiwillige Bekämpfungsprogramme senken lässt. Bestimmte Biosicherheitsmaßnahmen zur Regulierung des Tier- oder Personenverkehrs tragen zu einer Reduktion von PRRSV-Infektionen und damit zu einem negativen Bestandsstatus bei. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Unterbrechung von Infektionsketten in der Sauenherde durch die Eingliederung von geimpften Jungsauen mit stabiler Immunität, wobei im Allgemeinen der Einsatz einer PRRSV-Impfung gegen andere Bekämpfungsmaßnahmen abgewogen werden sollte. Eine freiwillige PRRS-Sanierung auf Bestandsebene und der Erhalt des Status „PRRS-unverdächtiger Bestand“ sind möglich, auch wenn einzelne Betriebe der Region nicht an dem Sanierungsprogramm teilnehmen.

6 Summary

The present study aims to characterise the development and current status of a regional PRRS control programme on a voluntary basis in the two states of Thuringia and Saxony. The focus was on farms keeping sows. In addition, the relationship between management factors of the farms and the PRRS status or positive PCR results is examined in order to improve the understanding of PRRSV infection at herd level. The significance of false positive findings occurring during the diagnostic monitoring of the farms is described.

The basis for answering the questions was provided by findings of testing of thirty animals per farm every six months (Thuringia) and every quarter (Saxony) over a period of eight years. The samples were analysed by ELISA and RT-PCR. Each farm received for each year an antibody status corresponding to the PRRS programme status and a PCR status giving an indication of existing virus circulation on the farm. In case of exclusively negative results in the respective test, the farm received a negative status. If there was a positive sample in the respective test, the farm received a positive status, except if individual positive samples were clarified by a follow-up examination as false positive.

Farm factors were recorded once in the participating farms using a data entry form. In a pre-selection, all factors are checked for their correlation to the two assigned statuses using a Chi² test. The factors that are used further are subjected to a collinearity test, whereby some variables correlating here are excluded in each case according to a specific system. The remaining variables are used to run a generalised linear mixed model, with antibody and PCR status as the target variables and the farm as a random effect.

A total of 173 farms participated in the programmes. In both federal states the share of positive farms decreased over the period under consideration. In 37.8 % of the farms rehabilitation was successfully carried out and 13.4 % of the farms became infected with PRRSV. In Thuringia, the proportion of positive pure piglet-producing farms was lower than that of combined farms and fattening farms. Fattening farms were rarely sanitised overall and were rather examined for PRRSV in case of clinical symptoms for differential diagnostic clarification. In Saxony, fixed trade relations between piglet-producing farms and fattening farms prevailed. In the course of the rehabilitation of the supplying farm, the connected fattening farm often also rehabilitated and was subsequently monitored. Therefore, in Saxony, only fattening farms with negative status were investigated in the period under consideration, except in a few years when new infections occurred in fattening farms.

Summary

In both federal states, individual positive findings in PRRS-unsuspicious farms occurred in several years, which could be clarified as false positives. These follow-up investigations are absolutely necessary in the diagnostic monitoring of farms.

Various factors could be identified that were associated with the PCR status. Old sows and gilts were more often kept separate on farms with negative PCR status, as separation can contribute to interrupting virus circulation in the herd. Conversely, gilts and finishing pigs are more often kept separate on farms with positive status. It is possible that keeping these two groups of animals together supports the immunisation of gilts. Both measures serve to stabilise the sow herd. A visitors' book and a black-and-white principle on the loading ramp are more common on farms with negative PCR status. Awareness of these measures was probably higher on farms seeking rehabilitation, while other biosecurity measures were implemented on many farms regardless of status.

Vaccination against PRRSV is related to both positive PCR status and positive antibody status. The positive antibody status is inevitable because antibodies from vaccinated animals cannot be distinguished from those of infected animals. The connection of vaccination to PCR status probably exists because farms with circulation of field virus introduced vaccination to stabilise the herd. It is also possible that vaccine virus was detected.

In conclusion, the share of PRRSV positive farms can be reduced by voluntary control programmes in a region with low pig density. Several biosecurity measures to regulate the animal or personal circulation contribute to a reduction of PRRSV infections and therefore to a negative herd status. Another focus is the interruption of chains of infection in the sow herd by introducing vaccinated gilts, but in general the use of PRRSV vaccination should be weighed up against other controlling measures. A voluntary herd-level PRRS control programme including granting the status 'PRRS not suspect' is possible, even if individual farms in the region do not participate at the control programme.

7 Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste, 2016a: Biosecurity-Voraussetzungen für die Zertifizierung der PRRS-Unverdächtigkeit von schweinehaltenden Betrieben. 3. Aufl., 22.09.2016: <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/Biosecurity%20Voraussetzungen%20Checkliste%20Revision%20%28Stand%20Juli%202020%29.pdf> (Stand 25.03.2021).

Arbeitsgemeinschaft der Schweinegesundheitsdienste, 2016b: Verfahrensweise zur Feststellung und Überwachung der PRRS-Unverdächtigkeit von Schweine haltenden Betrieben durch den Schweinegesundheitsdienst. 05.04. Aufl., 20.07.2020: <https://www.schweinegesundheitsdienste.de/services/files/sgd/Arbeitsanweisung%20PRRS-Zertifikat%20%28Stand%20Juli%202020%29.pdf> (Stand 25.03.2021).

Arruda AG, Friendship R, Carpenter J, Hand K, Poljak Z, 2016: Network, cluster and risk factor analyses for porcine reproductive and respiratory syndrome using data from swine sites participating in a disease control program. *Preventive Veterinary Medicine* 128, 41–50. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.03.010.

Arruda AG, Poljak Z, Friendship R, Carpenter J, Hand K, 2015: Descriptive analysis and spatial epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) for swine sites participating in area regional control and elimination programs from 3 regions of Ontario. *Canadian Journal of Veterinary Research* (79), 268–278.

Bottoms K, Poljak Z, Dewey C, Deardon R, Holtkamp DJ, Friendship R, 2012: Investigation of strategies for the introduction and transportation of replacement gilts on southern Ontario sow farms. *BMC Veterinary Research* (8), 217. DOI: 10.1186/1746-6148-8-217.

Carlsson U, Wallgren P, Renström LH, Lindberg A, Eriksson H, Thorén P, Eliasson-Selling L, Lundeheim N, Nörregård E, Thörn C, Elvander M, 2009: Emergence of porcine reproductive and respiratory syndrome in Sweden: detection, response and eradication. *Transboundary and Emerging Diseases* 56 (4), 121–131. DOI: 10.1111/j.1865-1682.2008.01065.x.

Literaturverzeichnis

Christopher-Hennings J, Faaberg K, Murtaugh M, Nelson E, Roof M, Vaughn E, Yoon K-J, Zimmermann JJ, 2002: Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) diagnostics: Interpretation and limitations. *Journal of Swine Health and Production* 10 (5), 213–218.

Corbellini LG, Schwermer H, Presi P, Thür B, Stärk KD, Reist M, 2006: Analysis of national serological surveys for the documentation of freedom from porcine reproductive and respiratory syndrome in Switzerland. *Veterinary Microbiology* 118 (3-4), 267–273. DOI: 10.1016/j.vetmic.2006.07.018.

Corzo CA, Mondaca E, Wayne S, Torremorell M, Dee S, Davies P, Morrison RB, 2010: Control and elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Research* 154, 185–192. DOI: 10.1016/j.virusres.2010.08.016.

Dee S, Joo H, Polson D, Park BK, Pijoan C, Molitor TW, Collins JE, King V, 1997: Evaluation of the effects of nursery depopulation on the persistence of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and the productivity of 34 farms. *The Veterinary Record* 140, 247–248.

Dee S, Otake S, Oliveira S, Deen J, 2009: Evidence of long distance airborne transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Veterinary Research* 40 (4), 39. DOI: 10.1051/vetres/2009022.

Eclercy J, Renson P, Lebret A, Hirchaud E, Normand V, Andraud M, Pabœuf F, Blanchard Y, Rose N, Bourry O, 2019: A Field Recombinant Strain Derived from Two Type 1 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV-1) Modified Live Vaccines Shows Increased Viremia and Transmission in SPF Pigs. *Viruses* 11 (3). DOI: 10.3390/v11030296.

Europäische Union, 2016: Verordnung (EU) Nr. 2016/429 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 zu Tierseuchen und zur Änderung und Aufhebung einiger Rechtsakte im Bereich der Tiergesundheit („Tiergesundheitsrecht“) (ABl. L 84 vom 31.03.2016, 1-202).

Literaturverzeichnis

Europäische Union, 2018a: Delegierte Verordnung (EU) Nr. 2018/1629 der Kommission vom 25. Juli 2018 zur Änderung der Liste der Seuchen in Anhang II der Verordnung (EU) 2016/429 des Europäischen Parlaments und des Rates zu Tierseuchen und zur Änderung und Aufhebung einiger Rechtsakte im Bereich der Tiergesundheit („Tiergesundheitsrecht“) (ABl. L 272 vom 31.10.2018, 11-15).

Europäische Union, 2018b: Durchführungsverordnung (EU) 2018/1882 der Kommission vom 3. Dezember 2018 über die Anwendung bestimmter Bestimmungen zur Seuchenprävention und -bekämpfung auf Kategorien gelisteter Seuchen und zur Erstellung einer Liste von Arten und Artengruppen, die ein erhebliches Risiko für die Ausbreitung dieser gelisteten Seuchen darstellen (ABl. L 308 vom 04.12.2018, 21-29).

Fablet C, Marois-Créhan C, Grasland B, Simon G, Rose N, 2016: Factors associated with herd-level PRRSV infection and age-time to seroconversion in farrow-to-finish herds. *Veterinary Microbiology* (192), 10–20. DOI: 10.1016/j.vetmic.2016.06.006.

Goldberg TL, Weigel RM, Hahn EC, Scherba G, 2000: Associations between genetics, farm characteristics and clinical disease in field outbreaks of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Preventive Veterinary Medicine* (43), 293–302.

Grosse Beilage E, Nathues H, Meemken D, Harder TC, Doherr MG, Grotha I, Greiser-Wilke I, 2009: Frequency of PRRS live vaccine virus (European and North American genotype) in vaccinated and non-vaccinated pigs submitted for respiratory tract diagnostics in North-Western Germany. *Preventive Veterinary Medicine* (92), 31–37. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2009.07.010.

Haiwick G, Hermann J, Roof M, Fergen B, Philips R, Patterson A, 2018: Examination of viraemia and clinical signs after challenge with a heterologous PRRSV strain in PRRS Type 2 MLV vaccinated pigs: A challenge-dose study. *PLOS ONE* 13 (12). DOI: 10.1371/journal.pone.0209784.

Literaturverzeichnis

Holtkamp DJ, Polson D, Torremorell M, Morrison R, Classen D, Becton L, Henry S, Rodibaugh MT, Rowland RR, Snelson H, Straw B, Yeske P, Zimmermann JJ, 2011: Terminology for classifying swine herds by porcine reproductive and respiratory syndrome virus status. *Journal of Swine Health and Production* 19 (1), 44–56.

Holtkamp DJ, Yeske P, Polson D, Melody JL, Philips R, 2010: A prospective study evaluating duration of swine breeding herd PRRS virus-free status and its relationship with measured risk. *Preventive Veterinary Medicine* 96 (3-4), 186–193. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2010.06.016.

Houben S, van Reeth K, Pensaert MB, 1995: Pattern of infection with the porcine reproductive and respiratory syndrome virus on swine farms in Belgium. *Zentralblatt für Veterinärmedizin, Reihe B* 4 (42), 209–215. DOI: 10.1111/j.1439-0450.1995.tb00704.x.

Kroll J, Piontkowski M, Kraft C, Coll T, Gomez-Duran O, 2018: Initial vaccination and revaccination with Type I PRRS 94881 MLV reduces viral load and infection with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Porcine Health Management* 4, 23. DOI: 10.1186/s40813-018-0096-3.

Lambert M-È, Poljak Z, Arsenault J, D’Allaire S, 2012: Epidemiological investigations in regard to porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) in Quebec, Canada. Part 1: biosecurity practices and their geographical distribution in two areas of different swine density. *Preventive Veterinary Medicine* 104 (1-2), 74–83. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2011.12.004.

Le Potier M-F, Blanquefort P, Morvan E, Albina E, 1997: Results of a control programme for the porcine reproductive and respiratory syndrome in the French “Pays de la Loire” region. *Veterinary Microbiology* (55), 355–360.

Linhares DL, Cano JP, Wetzell T, Nerem J, Torremorell M, Dee S, 2012: Effect of modified-live porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSv) vaccine on the shedding of wild-type virus from an infected population of growing pigs. *Vaccine* 30 (2), 407–413. DOI: 10.1016/j.vaccine.2011.10.075.

Literaturverzeichnis

Mortensen S, Stryhn H, Søgaard R, Boklund A, Stärk KD, Christensen J, Willeberg P, 2002: Risk factors for infection of sow herds with porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus. *Preventive Veterinary Medicine* 53 (1-2), 83–101.

Nakagawa S, Schielzeth H, 2013: A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution* (4), 133–142. DOI: 10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x.

Nathues C, Janssen E, Duengelhof A, Nathues H, Grosse Beilage E, 2018: Cross-sectional study on risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus sow herd instability in German breeding herds. *Acta Veterinaria Scandinavica* 60 (57), 1–8. DOI: 10.1186/s13028-018-0411-7.

Nathues C, Perler L, Bruhn S, Suter D, Eichhorn L, Hofmann M, Nathues H, Baechlein C, Ritzmann M, Palzer A, Grossmann K, Schüpbach-Regula G, Thür B, 2016: An Outbreak of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus in Switzerland Following Import of Boar Semen. *Transboundary and Emerging Diseases* 63 (2). DOI: 10.1111/tbed.12262.

Neira V, Brito B, Mena J, Culhane M, Apel MI, Max V, Perez P, Moreno V, Mathieu C, Johow M, Badia C, Torremorell M, Medina R, Ortega M, 2017: Epidemiological investigations of the introduction of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in Chile, 2013-2015. *PLOS ONE* 12 (7). DOI: 10.1371/journal.pone.0181569.

Rathkjen PH, Dall J, 2017: Control and eradication of porcine reproductive and respiratory syndrome virus type 2 using a modified-live type 2 vaccine in combination with a load, close, homogenise model: an area elimination study. *Acta Veterinaria Scandinavica* 59 (4), 1–12. DOI: 10.1186/s13028-016-0270-z.

Rowland R, Morrison R, 2012: Challenges and opportunities for the control and elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Transboundary and Emerging Diseases* 59, 55–59. DOI: 10.1111/j.1865-1682.2011.01306.x.

Literaturverzeichnis

Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz, Sächsische Tierseuchenkasse, 2015: Neufassung des Programms des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz und der Sächsischen Tierseuchenkasse zum Schutz der Schweinebestände vor der Infektion mit dem Virus des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS) vom 9. November 2015. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/16871-Programm-PRRS> (Stand: 25.03.2021).

Sanhueza JM, Vilalta C, Corzo CA, Arruda AG, 2019: Factors affecting Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus time-to-stability in breeding herds in the Midwestern United States. *Transboundary and Emerging Diseases* (66), 823–830. DOI: 10.1111/tbed.13091.

Silva GS, Corbellini LG, Linhares DL, Baker KL, Holtkamp DJ, 2018: Development and validation of a scoring system to assess the relative vulnerability of swine breeding herds to the introduction of PRRS virus. *Preventive Veterinary Medicine* 160, 116–122. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2018.10.004.

Stadejek T, Podgorska K, Porowski M, Jablonski A, Pejsak Z, 2011: Linked outbreaks and control of porcine reproductive and respiratory syndrome and postweaning multisystemic wasting syndrome in a pig farm in Poland. *Veterinary Record* (169), 441. DOI: 10.1136/vr.d4840.

Thüringer Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Frauen und Familie (TMSGFF), 2011: Schutz der Schweinebestände vor Infektionen mit Viren des Porcinen Reproduktiven und Respiratorischen Syndroms (PRRS). ThürStAnz Nr. 6/2011, 186.

Trevisan G, Jablonski E, Angulo J, Lopez W, Linhares DL, 2019: Use of processing fluid samples for longitudinal monitoring of PRRS virus in herds undergoing virus elimination. *Porcine Health Management* (5), 18. DOI: 10.1186/s40813-019-0125-x.

Velasova M, Alarcon P, Williamson S, Wieland B, 2012: Risk factors for porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection and resulting challenges for effective disease surveillance. *BMC Veterinary Research* 8 (184), 1–14.

Literatuurverzeichnis

Wensvoort G, Terpstra C, Pol JM, ter Laak EA, Bloemraad M, Kluyver EP, Kragten C, van Buiten L, den Besten A, Wagenaar F, Broekhuijsen JM, Moonen PL, Zetstra T, de Boer EA, Tibben HJ, de Jong MF, van't Veld P, Greenland GJ, van Gennep JA, Voets MT, Verheijden JH, Braamskamp J, 1991: Mystery swine disease in The Netherlands: the isolation of Lelystad virus. *The Veterinary Quarterly* 13 (3), 121–130. DOI: 10.1080/01652176.1991.9694296.

Woonwong Y, Kedkovid R, Arunorat J, Sirisereewan C, Nedumpun T, Poonsuk K, Panyasing Y, Poolperm P, Boonsoongnern A, Thanawongnuwech R, 2018: Oral fluid samples used for PRRSV acclimatization program and sow performance monitoring in endemic PRRS-positive farms. *Tropical Animal Health and Production* (50), 291–298. DOI: 10.1007/s11250-017-1428-z.